ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 FÉVRIER 1912.

PRÉSIDENCE DE M. LIPPMANN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En annonçant la mort de *Lord Lister*, Associé étranger de l'Académie, M. le **Président** s'exprime ainsi :

Un de nos Associés étrangers, un chirurgien, le plus illustre peut-être et le plus justement illustre de tous, nous est enlevé : Joseph Lister vient de mourir à l'âge de 84 ans; l'état de sa santé inquiétait depuis longtemps ses amis.

On est aujourd'hui si habitué à la pratique et aux bienfaits de l'antisepsie chirurgicale due à Lister, que pour comprendre l'importance de la révolution qu'on lui doit, il faut se reporter aux souvenirs et aux statistiques de la chirurgie d'autrefois.

Quand le jeune Lister débuta à l'Infirmerie royale de Glascow, en 1835, il y trouva, comme partout, la gangrène des hôpitaux qui faisait rage, l'infection purulente qui s'attaquait à des plaies sans gravité par elles-mêmes; il lui arriva de perdre en une semaine cinq opérés emportés par la pyémie après du traumatisme léger. En ce temps, il n'y avait pas d'opérations sans dangers; tout chirurgien, en entamant la peau du malade, pouvait craindre d'ouvrir une porte à la mort. La mortalité dont Lister fut témoin le découragea un moment; il déclara un jour, dit-on, qu'il n'était pas fait pour le métier. Assurément il se trompait. Ensuite, se ressaisissant, il se dit : « Il doit y avoir un remède »; ce remède, il l'a trouvé.

En 1870, il publia sa célèbre *Chirurgie antiseptique et Théorie des germes*. Lister avait mis quinze ans à créer la nouvelle technique; en moins de dix ans tous les chirurgiens l'avaient adoptée.

On sait comment Lister étendit l'idée de Pasteur. Il pensa que les redoutables « complications » présentées par les plaies sont des maladies microbiennes. Il eut donc recours à l'antisepsie, à l'asepsie; il protégea les tissus dénudés, comme Pasteur protégeait ses bouillons de culture, contre le microbe errant; il établit les règles d'une technique complète, régulière, encore suivie aujourd'hui avec peu de modifications.

Le problème attaqué par Lister présentait d'ailleurs des difficultés spéciales. Pasteur pouvait stériliser ses bouillons de culture par l'ébullition, puis les conserver *in vitro*. Pour les applications chirurgicales, il importait au contraire de ménager les tissus, de ne pas troubler leurs fonctions vitales et, en même temps, de les laisser accessibles à l'intervention chirurgicale. Lister a résolu ce problème complexe dans tous ses détails.

Du même coup, Lister montrait que les tissus sains se guérissent d'eux-mêmes, que les plaies se réunissent automatiquement, qu'on pouvait compter sur la puissance régénératrice des tissus, pourvu qu'on ait écarté le danger microbien. C'est au point de vue physiologique une vérité de premier ordre. Au point de vue chirurgical, c'était la précision introduite dans un domaine où il avait fallu compter avec le hasard. Désormais, il y eut des opérations qu'on pouvait considérer comme bénignes. L'opérateur est désormais en mesure de calculer lui-même la hardiesse de son intervention ; en se réglant sur les données de l'anatomie et de la physiologie, il peut se demander jusqu'où il peut et doit conduire son instrument.

Lister a toujours travaillé avec méthode ; son laboratoire était toujours derrière son amphithéâtre. On lui doit de nombreux travaux sur la fermentation du lait, sur la fermentation du sang, sur l'action exercée par les antiseptiques sur le caillot sanguin, sur les anesthésiques, etc. On lui doit encore la découverte d'une propriété générale des tissus vivants : c'est de tolérer la présence de corps étrangers pourvu que ceux-ci soient aseptisés. Tantôt le corps étranger reste en place, tantôt il est résorbé (fil de catgut) sans causer d'accidents.

Il est simplement impossible de faire la statistique du nombre d'existences humaines que, par son invention, Lister a sauvées dans le passé et sauvera dans l'avenir. Nélaton s'écriait qu'il faudrait élever une statue d'or à l'homme qui a supprimé l'infection purulente. Il avait raison. Mais la statistique dont je parlais serait pour Lister un monument plus vivant et plus impérissable que ne pourrait l'être une statue d'or.

Notre grand confrère anglais appartenait à notre Académie depuis 1893.

PHYSIOLOGIE. — *Sur un sphygmo-oscillographe optique.* Note de M. Ch. Bouchard.

Au cours d'essais que j'avais entrepris en vue de la détermination de la tension moyenne du sang dans les artères périphériques, essais auxquels M. Balthazard s'est associé en 1901, que nous avions abandonnés puis repris et que nous poursuivons depuis l'année dernière, j'avais eu la pensée de diminuer autant que possible l'inertie du sphygmographe de Marey. La modification devait porter principalement sur le style et sur les divers leviers et ressorts qui le font mouvoir. Je pensais y arriver par l'enregistrement photographique. De même pour l'oscillomètre de Pachon quand il apporta à la médecine son précieux concours.

Mon projet était de faire osciller entre deux glaces parallèles l'aiguille de l'oscillomètre et de recueillir l'ombre de cette aiguille sur un papier sensible qui se déplacerait derrière la glace inférieure et qui serait protégé contre la lumière partout, sauf sur une fente perpendiculaire à la direction de l'aiguille.

Ce projet que je soumis à mon collègue et ami M. G. Weiss fut modifié par lui, considérablement simplifié, et a abouti à la construction de l'appareil dont je me sers depuis le commencement de décembre 1911. Je pensais l'employer comme sphygmographe, mais il peut se prêter aux divers besoins auxquels s'adapte le sphygmo-oscillomètre de Pachon. Cet appareil, qu'on peut nommer *sphygmo-oscillographe optique*, est composé essentiellement d'un brassard en caoutchouc qu'on applique autour du bras, ou de toute autre partie d'un membre, et dans lequel on comprime, à l'aide d'une pompe, de l'air en communication avec un manomètre et avec la cavité d'une caisse étanche à l'intérieur de laquelle se trouve un tambour de Marey. Ce tambour peut être mis en communication à la fois avec la caisse et avec le brassard ou exclusivement avec le brassard. Au centre de sa membrane est appliqué un petit miroir très léger. La caisse porte au regard de ce miroir un trou obturé par une glace. La caisse et le miroir sont placés verticalement.

Une source de lumière assez puissante, aveuglée par un capuchon fermé, envoie à la surface du miroir un faisceau lumineux rendu convergent par une lentille, et qui, après réflexion, se termine, à son foyer, par un point très lumineux et très fin, sur un cylindre de carton non transparent où l'on

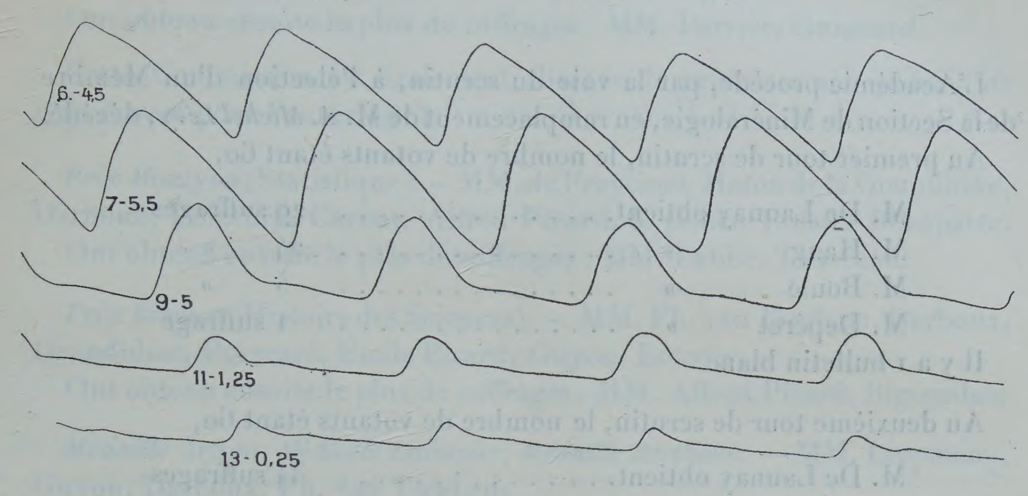
a pratiqué une fenêtre linéaire très étroite et horizontale. Dans ce cylindre se déroule, avec une vitesse déterminée, une feuille photographique. Les variations de tension de l'air dans le tambour, correspondant aux variations de volume du segment de membre compris dans le brassard, impriment à la membrane de très légers mouvements qui communiquent au miroir des oscillations autour d'un axe vertical, de sorte que le foyer lumineux glisse horizontalement le long de la fente du cylindre.

Quand on veut faire fonctionner l'appareil, on introduit de l'air dans le système jusqu'à ce que la contre-pression indiquée par le manomètre soit, suivant toute vraisemblance, supérieure à la pression sanguine. S'il en est ainsi, le foyer lumineux reste immobile quand on isole le tambour de la caisse. On laisse échapper un peu d'air, et l'on diminue ainsi la pression dans le système jusqu'à ce que l'on commence à percevoir à chaque pulsation une très légère déviation du point lumineux. On lit au manomètre le degré de la pression maxima. On permet alors à la lumière de frapper la bande photographique en mouvement et l'on inscrit quelques pulsations. Puis on arrête le mouvement et la pénétration de la lumière et on laisse échapper de l'air de façon à abaisser de 1^{cm} de mercure la contre-pression. On impressionne la bande sensible. On continue ainsi, en suivant les indications de Pachon, jusqu'à une contre-pression qui soit très vraisemblablement inférieure à la pression minima du sang. Après développement, on constate que le tracé sphygmographique de chaque onde est, pour la contre-pression la plus haute, très peu élevé et très court ou, si l'on veut, de très faible durée. Ce tracé s'élève et s'élargit à mesure que la contre-pression diminue; mais la fin de la courbe descendante va graduellement en se rapprochant de l'horizontale. Enfin, on a un tracé où la ligne de descente rapide se relève brusquement pour former la ligne ascendante de la pulsation suivante.

Ces deux lignes marquant, à leur intersection, la fin d'une pulsation et le commencement de la pulsation suivante, forment un *angle aigu* qui est la marque de la tension artérielle minima ; car, dans ce cas, la tension du sang dans l'artère monte brusquement au-dessus de la contre-pression dès que la pulsation commence, et n'y revient, à l'instant où cette pulsation finit, que pour remonter aussitôt.

On connaît le nombre des pulsations par minute, la hauteur en centimètres de la pression maxima du sang, la distance en centimètres entre le point du tracé sphygmographique où commence la pulsation et le point où elle finit, la surface en centimètres carrés comprise entre la ligne horizon-

tale qui relie ces deux points et la ligne onduleuse sphygmographique qui les relie également, surface que l'amplitude de la figure permet de mesurer directement avec le planimètre. De ces données, on déduit facilement la



Tracé pris avec le sphygmo-oscillographe optique.
L. M., 50 ans; 66 pulsations par seconde; pression maxima, 15^{cm} de mercure.
Les chiffres à gauche des courbes indiquent la valeur de la contre-pression et celle des oscillations de l'appareil de Pachon.

tension artérielle moyenne et d'autres particularités qui intéressent la mécanique de la circulation.

Mais cet appareil, dont la précision et la délicatesse sont extrêmes, ne saurait être d'un emploi courant; il trouve actuellement sa place plutôt dans le laboratoire que dans le cabinet du médecin. Nous indiquerons prochainement, à l'occasion de la description d'un autre appareil que nous avons imaginé avec M. Balthazard, la formule des calculs et les principes sur lesquels ils reposent.

M. Ch. Lallemand présente à l'Académie, de la part du War Office d'Angleterre, deux nouvelles feuilles de la Carte du monde au millionième, éditées par la Section géographique de l'État-Major général et relatives, l'une à la Turquie d'Europe (feuille de Constantinople), l'autre à l'Afrique du Sud (feuille de Kenhardt).

M. Charles Barrois fait hommage à l'Académie d'une *Notice nécrologique sur A. Michel Lévy*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Minéralogie, en remplacement de M. *A. Michel Lévy*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. De Launay obtient	. . . .	29 suffrages
M. Haug »	. . . .	24 »
M. Boule »	. . . .	5 »
M. Depéret »	. . . .	1 suffrage

Il y a 1 bulletin blanc.

Au deuxième tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. De Launay obtient	. . . .	34 suffrages
M. Haug »	. . . .	26 »

M. **De Launay**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu. Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les Concours de l'année 1912.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Zoologie : *Prix Savigny*, *Da Gama Machado*, *Thore*. — MM. Ranvier, Perrier, Chatin, Delage, Bouvier, Henneguy, Grandidier, Müntz, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Laveran, Douvillé.

Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon*, *Barbier*, *Bréant*, *Godard*, *du baron Larrey*, *Bellion*, *Mège*. — MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Chauveau, Perrier, Roux, Labbé, Henneguy.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Guignard, Delage.

Physiologie : *Prix Montyon* (Physiologie expérimentale), *Philipeaux, Lallemand, La Caze, Martin-Damourette, Pourat.* — MM. Chauveau, Bouchard, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrier, Guignard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *question de prix Pourat* pour l'année 1914.

Prix Montyon (Statistique). — MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Darboux, Poincaré, Carnot, Alfred Picard, le prince Roland Bonaparte.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Labbé, Tisserand.

Prix Binoux (Histoire des Sciences). — MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Grandidier, Poincaré, Émile Picard, Guyou, Bouvier.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Alfred Picard, Bigourdan.

Médaille Arago, Médaille Lavoisier, Médaille Berthelot. — MM. Lippmann, Guyon, Darboux, Ph. van Tieghem.

Prix Gegner, Lannelongue, Gustave Roux, Trémont. — MM. Lippmann, Guyon, Darboux, Ph. van Tieghem, Émile Picard, Zeiller.

Prix Wilde. — MM. Ph. van Tieghem, Darboux, Lippmann, Poincaré, Émile Picard, Violle, Baillaud.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lemoine, Termier.

Prix Lonchampt. — MM. Bouchard, Guignard, Roux, Prillieux, Laveran, Dastre, Mangin.
Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Chauveau, Perrier.

CORRESPONDANCE.

M. **Hildebrand Hildebrandsson**, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **F. Boquet, Ch. Nordmann, Pierre Puiseux, M. Simonin** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Astronomie, par le décès de M. *Radau*.

M. **Maurice Piettre** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Prof. G.-B. de Toni. *Edoardo Bornet* (1828-1911).

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le quatrième trimestre de* 1911. Note de M. **J. Guillaume**.

La surface solaire a été observée 55 jours pendant ce trimestre, et il en résulte les principaux faits qui suivent :

Taches. — L'aire totale tachée est restée sensiblement la même que dans le troisième trimestre, avec 214 millionièmes au lieu de 221, malgré un nombre de groupes moindre de moitié : 6 groupes au lieu de 13 précédemment.

Cette diminution du nombre des groupes a été plus forte dans l'hémisphère boréal que dans l'autre hémisphère : on a noté, en effet, 2 groupes au nord au lieu de 7, et 4 au sud au lieu de 6. D'ailleurs, de même qu'en janvier de 1911, aucune tache n'a été notée au nord de l'équateur pendant le mois de décembre.

Le disque du Soleil s'est montré dépourvu de taches dans 37 jours d'observations, d'où il résulte un nombre proportionnel trimestriel de 0,67 au lieu de 0,57.

Régions d'activité. — Les facules ont diminué environ de moitié, tant en nombre qu'en superficie : on a enregistré, effectivement, 29 groupes et 11,4 millièmes au lieu de 55 groupes et 26,2 millièmes.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on compte 16 groupes au sud au lieu de 33, et 13 groupes au nord au lieu de 22.

Tableau I. — *Taches.*

Dates extrêmes d'observ.	Nombre d'observations.	Pass. au mér. central.	Latitudes moyennes S.	Latitudes moyennes N.	Surfaces moyennes réduites.
		Octobre. — 0,79.			
2- 7	4	6,8		+ 7	50
1- 4	3	31,9	— 1		15
	19 j.		— 1°	+ 7°	
		Novembre. — 0,52.			
11	1	12,0	— 8		3
21-29	6	27,0	— 2		112
	21 j.		— 5°,0	»	
		Décembre. — 0,73.			
21-24	3	22,2	—14		25
29	1	24,9		+ 7	9
	15 j.		—14°	+ 7°	

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

1911.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	»	»	»	1	1	1	1	»	»	»	»	2	65
Novembre...	»	»	»	»	2	2	»	»	»	»	»	»	2	115
Décembre...	»	»	»	1	»	1	1	1	»	»	»	»	2	34
Totaux....	»	»	»	1	3	4	2	2	»	»	»	»	6	214

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

1911.	Sud. 90°-40°.	40°-30°.	30°-20°.	20°-10°.	10°-0°.	Somme.	Nord. Somme.	0°-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-90°.	Totaux mensuels.	Surfaces totales réduites.
Octobre.....	»	1	»	»	4	5	7	5	1	»	»	1	12	3,9
Novembre...	1	1	»	2	3	7	4	2	»	1	»	1	11	5,0
Décembre...	»	»	»	2	2	4	2	1	1	»	»	»	6	2,5
Totaux....	1	2	»	4	9	16	13	8	2	1	»	2	29	11,4

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les théorèmes fondamentaux de la théorie des fonctions de variables réelles.* Note de M. ÉMILE BOREL.

J'ai indiqué, dans mes *Leçons sur la théorie des fonctions*, comment on pouvait mesurer certains ensembles en partant d'intervalles et arrivant à des ensembles de plus en plus compliqués, au moyen de passages à la limite successifs. Puis sont venues les belles recherches originales de M. Lebesgue. Mais je n'ai jamais abandonné mon point de vue primitif; le moment me semble venu de publier une exposition d'ensemble dans laquelle les résultats les plus importants déjà acquis dans la théorie des fonctions de variables réelles, et d'autres résultats nouveaux, sont obtenus par une voie directe, assez simple et assez élémentaire pour pouvoir prendre place dans tous les cours d'analyse. Je résume brièvement la marche suivie [1] : le Mémoire détaillé paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

J'appelle *ensemble élémentaire* l'ensemble des points intérieurs à un intervalle (ou à un rectangle dans le plan, etc.); un *domaine simple* est la réunion d'un nombre fini d'ensembles élémentaires.

[1] Voir aussi mes Notes du 7 décembre 1903, des 14 et 28 février 1910 et du 6 mars 1911.

J'ai souvent attiré l'attention sur le :

Premier théorème fondamental. — *Si tous les points d'un domaine borné et fermé* D *sont intérieurs à l'un des ensembles élémentaires* $A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots$, *ils sont tous intérieurs à un domaine simple formé de certains de ces ensembles.*

En abrégé : *eu égard aux ensembles bornés et fermés, une infinité d'ensembles élémentaires équivaut à un domaine simple.*

J'appelle ensemble *bien défini* tout ensemble élémentaire et tout ensemble qui, dans un domaine borné D, peut être obtenu par la répétition illimitée des deux opérations suivantes :

1° Somme d'une infinité d'ensembles (déjà définis) sans partie commune;

2° Différence de deux ensembles (déjà définis) dont l'un contient l'autre.

La mesure d'un ensemble bien défini s'obtient, par définition, au moyen des opérations même par lesquelles on le construit ([1]). Si l'on cherche à calculer effectivement cette mesure, il est naturel de se donner une limite de l'approximation désirée; on est ainsi conduit au :

Second théorème fondamental. — *Étant donné un ensemble bien défini quelconque* E *et un nombre* ε *arbitrairement petit, on peut construire un domaine simple* D *tel que l'ensemble des points de* E *qui n'appartiennent pas à* D *et des points de* D *qui n'appartiennent pas à* E *soit compris à l'intérieur d'ensembles élémentaires d'étendue totale inférieure à* ε.

En abrégé, *tout ensemble bien défini équivaut à un domaine simple, à* ε *près.*

Les mêmes méthodes, appliquées à l'étude des fonctions de variables réelles, conduisent au :

Troisième théorème fondamental ([2]). — *Étant donnée une fonction bornée* F *définissable analytiquement et deux nombres arbitrairement petits* ε *et* α, *on peut trouver un polynome* P *tel que l'ensemble des points où la valeur absolue de la différence entre* F *et* P *est supérieure à* ε *puisse être enfermé dans des ensembles élémentaires de mesure totale inférieure à* α.

([1]) L'opération qui consiste à prendre la partie commune à deux ensembles bien définis conduit aussi à des ensembles bien définis; mais, pour mesurer l'un d'eux, il faut ramener sa définition aux deux opérations simples (ce qui est toujours possible).

([2]) Ce théorème se déduit de ceux que j'ai énoncés dans ma Note du 7 décembre 1903 au moyen des travaux de M. Lebesgue et du théorème fondamental de Weierstrass; mais je suis actuellement la marche inverse, en l'établissant directement.

En abrégé, *toute fonction équivaut à un polynome, à* DEUX ε *près* (un ε différence et un ε domaine).

C'est sur les deux derniers théorèmes fondamentaux que je base la *définition* et l'étude des intégrales des fonctions bornées. Une suite bornée de polynomes P_n est asymptotiquement convergente si la mesure des domaines algébriques, où la différence $|P_n - P_m|$ est inférieure à ε, tend vers zéro quel que soit ε lorsque n et m croissent indéfiniment.

L'intégrale d'une fonction se définit comme la limite de l'intégrale d'une suite de polynomes asymptotiquement convergente, le champ d'intégration étant une suite asymptotiquement convergente de domaines simples (on fait varier d'abord les polynomes, puis le champ d'intégration).

Toutes les opérations sur les fonctions bornées auxquelles s'applique une proposition analogue au premier théorème de la moyenne (équations différentielles, intégrales, intégro-différentielles, etc.) se ramènent à des opérations sur des suites de polynomes asymptotiquement convergentes, opérations qui conduisent en général [1] à des suites uniformément convergentes.

On sait que l'on peut considérer les fonctions non bornées et les domaines infinis comme des cas limites des fonctions bornées et des domaines finis, mais il y a lieu d'étudier, dans chaque cas, des conditions supplémentaires de convergence, conditions non toujours vérifiées.

Il est à peine besoin de faire observer que les considérations précédentes s'appliquent à toutes les fonctions introduites jusqu'ici en analyse, sauf peut-être aux fonctions non définissables analytiquement de M. Lebesgue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles de la Géométrie.* Note de M. **Jules Drach.**

La théorie d'intégration, que j'ai développée sous le nom de *théorie de la rationalité* ou *intégration logique*, donne pour les équations différentielles de la Géométrie *des méthodes régulières permettant de prévoir des réductions dans la difficulté de l'intégration*, c'est-à-dire une réduction du groupe de rationalité. On ramène ainsi des propositions classiques, dues à l'ingéniosité

---

(1) La seule difficulté provient, *dans le cas où interviennent des divisions*, de ce que le diviseur peut tendre vers zéro ; on sait que c'est là le point capital de la méthode de Fredholm.

des géomètres, à leur source analytique commune, et l'on peut, sans difficulté, en indiquer de nouvelles.

1. Je me bornerai ici aux équations du premier ordre,

$$(1) \qquad dv = m\, du,$$

où m est une fonction *donnée* de u et v. *Supposons que l'on connaisse pour les courbes* $\varphi(u, v) =$ const. *qui satisfont à l'équation* (1) *une propriété géométrique : de quelle utilité cette connaissance peut-elle être pour l'intégration de* (1) ?

Considérons d'abord le cas où ces courbes étant tracées sur une surface (S) d'élément linéaire

$$ds^2 = E\, du^2 + 2F\, du\, dv + G\, dv^2,$$

la propriété géométrique en question se conserve par une déformation continue de (S); elle s'exprime alors par une relation

$$(2) \qquad R[\varphi, I_1(\varphi), I_2(\varphi), \ldots, \Omega, I_1(\Omega), \ldots] = 0$$

entre les invariants de Beltrami de la fonction φ et les invariants *absolus* (ou de Minding), déduits de la courbure totale Ω par les opérations Δ, Δ_2, ... Cette relation peut être regardée comme une *forme réduite* de

$$R[\Phi, I_1(\Phi), I_2(\Phi), \ldots, \Omega, I_1(\Omega), \ldots] = 0,$$

où Φ est une fonction arbitraire de φ.

Si la relation (3) ne dépend pas effectivement de $\Phi(\varphi)$, nous ne tirons aucun parti de la connaissance de (2); elle est simplement l'équation aux dérivées partielles qui définit le rapport

$$m = -\frac{\dfrac{\partial\varphi}{\partial u}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial v}}.$$

Exemples : La relation $\Delta\varphi = 0$; la relation $\dfrac{1}{\rho_\varphi} = \mathcal{F}(\Omega, \Delta(\Omega), \ldots)$ où $\dfrac{1}{\rho_\varphi}$ est la courbure géodésique de la courbe $\varphi =$ const. et $\mathcal{F}$ une fonction quelconque des invariants absolus; la relation qui exprime que (1) définit des asymptotiques de l'une des déformées de (S).

2. Si la forme (3) renferme Φ, Φ', Φ'', ..., en l'identifiant à l'une de ses réduites, obtenues en particularisant Φ, on a un système différentiel qui définit Φ, Φ', $\dfrac{\Phi''}{\Phi'}$ ou

$\frac{\Phi'''}{\Phi'} - \frac{3}{2}\left(\frac{\Phi''}{\Phi'}\right)^2$. Suivant les cas, on déduit de (3) par une méthode régulière [formation des conditions d'intégrabilité de (1) et (3), c'est-à-dire application de l'opération $X(f) = \frac{\partial f}{\partial u} + m\frac{\partial f}{\partial v}$], une équation qui définit implicitement

$$\varphi, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial v}, \quad \frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} : \frac{\partial\varphi}{\partial v} \qquad \text{ou} \qquad \frac{\frac{\partial^3\varphi}{\partial v^3}}{\frac{\partial\varphi}{\partial v}} - \frac{3}{2}\left(\frac{\frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2}}{\frac{\partial\varphi}{\partial v}}\right)^2$$

et dont les autres sont des conséquences. On peut donc ajouter à (1) une des équations

$$\varphi = \mathfrak{R}, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial v} = \mathrm{K}, \qquad \frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} = \mathrm{J}\frac{\partial\varphi}{\partial v}, \qquad \frac{\partial\varphi}{\partial v}\frac{\partial^3\varphi}{\partial v^3} - \frac{3}{2}\left(\frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2}\right)^2 = \mathrm{I}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial v}\right)^2,$$

où $\mathfrak{R}$, K, J, I sont connus sans intégration ; les équations qui définissent m sont respectivement

$$\mathrm{X}(\mathfrak{R}) = 0, \qquad \mathrm{X}(\mathrm{K}) + \mathrm{K}\frac{\partial m}{\partial v} = 0, \qquad \mathrm{X}(\mathrm{J}) + \mathrm{J}\frac{\partial m}{\partial v} + \frac{\partial^2 m}{\partial v^2} = 0$$

et

$$\mathrm{X}(\mathrm{I}) + 2\mathrm{I}\frac{\partial m}{\partial v} + \frac{\partial^3 m}{\partial v^3} = 0.$$

En supposant que les fonctions qui figurent dans (1) ou dans (3) sont définies de manière à faire partie d'un *domaine de rationalité* déterminé, on pourra préciser dans ce domaine la réduction ultérieure de l'intégration.

Remarque. — Tout ceci s'applique uniquement aux solutions *propres* de (2), qui ne vérifient aucune relation d'ordre moindre par rapport aux dérivées de φ ; cette relation (2) peut posséder des solutions particulières *impropres* qui se traiteront par la même méthode, mais peuvent conduire à des conclusions différentes.

Ainsi $\Delta_2\varphi = 0$ peut posséder des solutions de $\Delta(\varphi) = 1$; pour les solutions propres on connaît J, pour les dernières on connaît K.

Exemples : La relation $\frac{1}{\rho_\varphi} = \varphi\mathcal{F}(\Omega, \Delta(\Omega), \ldots)$ donne φ en même temps que m. On a sans intégration les lignes qui, pour une déformée de (S), sont sur des sphères concentriques ; pour celles qui sont dans des plans parallèles on connaît $\frac{\partial\varphi}{\partial v} = \mathrm{K}$, sauf si ces plans sont isotropes, auquel cas on ne connaît que

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} : \frac{\partial\varphi}{\partial v} = \mathrm{J}.$$

La relation $\Delta_2\varphi = \mathcal{F}\left[\Omega, \Delta(\Omega), \ldots, \frac{1}{\rho_\varphi}, \ldots\right]$ donne $\frac{\partial\varphi}{\partial v}$, c'est-à-dire un multiplicateur de (1) ; les relations $\Delta(\varphi, \Delta_2\varphi) = 0$ ou $\Delta\Delta\varphi = 0$ donnent seulement $\frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} : \frac{\partial\varphi}{\partial v}$,

c'est-à-dire la dérivée du logarithme d'un multiplicateur. Enfin,

$$\Delta(\varphi, \Delta_2\varphi) - \frac{1}{2}(\Delta_2\varphi)^2 - \frac{1}{4}\left[\frac{\Delta(\varphi, \Delta\varphi)}{\Delta\varphi}\right]^2 = 0$$

ne donne que

$$\frac{\dfrac{\partial^3\varphi}{\partial v^2}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial v}} - \frac{3}{2}\left(\frac{\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial v^2}}{\dfrac{\partial\varphi}{\partial v}}\right)^2 = 1;$$

l'intégration de (1) est réduite à celle d'un système de deux équations de Riccati.

3. Ce qui est essentiel est l'intervention du groupe $\Phi = \Phi(\varphi)$; on peut appliquer la méthode à une propriété géométrique quelconque du faisceau de courbes $\varphi =$ const. en introduisant les *invariants métriques correspondants*.

Par exemple, si (1) définit des lignes planes, ou sphériques, ou tracées sur des surfaces algébriques de degré connu, on les obtient sans intégration. On connaît $\dfrac{\partial\varphi}{\partial v}$ pour les lignes telles que la dérivée de φ suivant la direction conjuguée de la tangente à $\varphi =$ const. est une fonction de φ (sauf si cette fonction est nulle); on connaît $\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} : \dfrac{\partial\varphi}{\partial v}$ pour les lignes qui satisfont à $\Delta_2\varphi = 0$, Δ_2 étant construit avec la forme $D\,du^2 + 2D'\,du\,dv + D''\,dv^2$, etc.

Ce que nous disons des lignes s'applique aux surfaces $f(x, y, z) =$ const., quand f est déterminé par un système jacobien connu à une solution.

4. Enfin les mêmes principes conduisent, *mutatis mutandis*, à de nombreuses conséquences relatives aux équations différentielles des congruences (ou des complexes) de courbes ou de surfaces; les groupes qui interviennent sont alors à deux ou trois variables.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème d'existence pour les fonctions algébriques de deux variables indépendantes*. Note [1] de M. **Federigo Enriques**, présentée par M. Émile Picard.

On sait que le *théorème d'existence* de *Riemann*, joue un rôle essentiel dans la théorie des fonctions algébriques d'une variable. D'après ce théorème, on peut se donner à volonté, suivant un ordre donné, les

$$2m = 2n + 2p - 2$$

[1] Présentée dans la séance du 22 janvier 1912.

points de diramation d'une fonction $y(x)$, à n branches, de genre p, et fixer aussi les transpositions correspondant entre les branches $y_1, y_2, \ldots, y_n$, de façon que ces transpositions forment un groupe transitif et que leur produit soit l'identité ; il existera une classe correspondante de fonctions algébriques $y(x)$, ou si l'on aime mieux une fonction irréductible, définie en faisant abstraction des transformations rationnelles.

Il y a lieu de poser une question analogue pour les fonctions algébriques de deux variables :

$$z(xy).$$

Soit

$$F(xyz) = 0$$

une équation algébrique de degré n (> 1) en z et considérons la fonction à n branches $z(xy)$ qui se trouve définie par cette équation. Il y aura en général un *lieu de points de diramation*

$$f(xy) = 0,$$

qu'on peut considérer comme une *courbe* du plan (xy), dans le sens de la géométrie algébrique, ou, si l'on aime mieux, comme une surface appartenant à l'espace à 4 dimensions qui fournit la représentation des points complexes du plan (xy).

La question se pose maintenant de *construire la fonction* $z(xy)$, *étant donnée* a priori *la courbe* de diramation

$$f(xy) = 0.$$

Mais une difficulté se présente qui n'a pas d'analogue dans le cas des fonctions d'une variable. C'est que, *pour* $n > 2$, *une courbe*

$$f(xy) = 0$$

donnée arbitrairement ne saurait constituer la courbe de diramation totale pour une fonction algébrique $z(xy)$ *à* n *branches.*

C'est ce qu'on reconnaît aisément parce que, étant donnés les caractères invariants $(p_a, p^{(1)})$ de l'équation

$$F(xyz) = 0,$$

on trouve en général que la courbe

$$f(xy) = 0$$

a un certain nombre de nœuds qui est > 0 pour $n > 3$, et un certain nombre

de points de rebroussement qui est > 0 pour $n > 2$, ces nombres pouvant être calculés à l'aide de formules connues.

En examinant de plus près la question, on trouve même que deux courbes

$$f(xy) = 0, \qquad \varphi(xy) = 0,$$

du même ordre, douées du même nombre de nœuds et de points de rebroussement, pourraient être déterminées de façon que $f = 0$ soit la courbe de diramation d'une fonction algébrique $z(xy)$, tandis qu'il n'existe pas une fonction $z(xy)$ ayant pour courbe de diramation $\varphi = 0$.

La question de déterminer les conditions d'existence d'une fonction algébrique $z(xy)$ ayant une courbe de diramation donnée

$$f(xy) = 0,$$

peut être résolue par l'analyse du groupe de monodromie de la fonction $y(x)$. On supposera en général que la courbe $f = 0$ soit d'un certain ordre pair $2m$, et qu'elle possède un certain nombre de points doubles, en distinguant les nœuds et les points de rebroussement; on exclura qu'il y ait des singularités plus élevées, et en même temps que la courbe ait une position particulière par rapport à la droite à l'infini ou aux axes x, y du plan (xy). Ce sont là des conditions qui ne diminuent pas, d'une manière essentielle, la généralité du problème.

Ces hypothèses étant satisfaites, il y aura lieu de considérer deux sortes de points de diramation de la fonction $y(x)$:

1° Les points de diramation *simples*, qui correspondent aux droites parallèles à l'axe y qui sont tangentes à $f = 0$ en un point simple;

2° Les points de diramation correspondant aux points de rebroussement de $f = 0$.

S'il existe une fonction algébrique irréductible $z(xy)$, à n (> 2) branches $z_1, z_2, \ldots, z_n$, correspondant à la courbe de diramation $f(xy) = 0$, on aura d'abord

$$2m = 2n + 2p - 2 \qquad (p \geqq 0)$$

et les conditions suivantes se trouveront satisfaites :

I. Les transpositions entre les $2m$ branches de $y(x)$, correspondant aux points de diramation simples (1°), engendreront un *groupe intransitif;* d'une manière plus précise les $2m$ branches $y_1, y_2, \ldots, y_{2m}$ se partageront par rapport à ce groupe en un *certain nombre*

$$\rho \geqq n - 1$$

de systèmes d'intransitivité, comprenant respectivement $+t_1, +t_2, \ldots, +t_\rho$ éléments, où

$$t_1 + t_2 + \ldots + t_\rho = 2m.$$

II. A ces ρ systèmes d'intransitivité, on pourra faire correspondre ρ couples de nombres entiers (is), compris parmi les nombres

$$1, \quad 2, \quad \ldots, \quad n,$$

de telle façon que toute transposition entre $y_1, y_2, \ldots, y_{2m}$ correspondant à un point de diramation (2°) amènera une branche y appartenant à un système (is) en une branche appartenant à un système (rh) où les deux couples (is) (rh) ont un élément commun (soit $h = i$ ou $h = s$).

III. Les transpositions (is) correspondant aux $2m$ points $y_1, y_2, \ldots, y_{2m}$ engendreront un groupe transitif par rapport à $1, 2, \ldots, n$ et le produit de toutes les $2m$ transpositions, suivant un ordre convenable, se réduira à l'identité.

Réciproquement, *si les conditions* I, II, III *sont satisfaites, il existera toujours une fonction algébrique* $z(xy)$ *à* n *branches, dont* $f(xy) = 0$ *est la courbe de diramation.*

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la distribution des pressions et des vitesses dans la région troublée autour d'une surface dans un courant d'air uniforme.* Note de M. **A. Lapresle**, présentée par M. L. Cailletet.

L'étude que nous avons entreprise comprend la détermination, pour chaque point de la région troublée autour d'une surface exposée dans un courant d'air uniforme, de la vitesse v en grandeur et direction et de la pression p.

La méthode employée repose sur les propriétés d'un simple tube recourbé à angle droit, dit *tube de Pitot*. Un tel tube, placé en un point où la pression est p et la vitesse v et faisant face au courant, transmet, comme l'on sait, une pression

$$p + k\frac{\delta v^2}{2g},$$

δ étant la densité de l'air dans les conditions actuelles de température et de pression et k un coefficient empirique très voisin de l'unité.

Ce même tube, retourné de 180°, transmet une pression

$$p - \lambda \frac{\delta v^2}{2g},$$

λ étant un autre coefficient empirique que l'expérience détermine et qui est voisin de 0,2.

De la mesure de ces deux pressions transmises, on peut déduire séparément p et v.

Quant à la direction de la vitesse, elle est donnée par un fil léger porté par le tube de Pitot et qui permet de bien orienter ce dernier par rapport aux filets d'air; la légèreté de ces fils est telle qu'ils indiquent également les variations de direction qui se produisent en certains points particuliers de la région troublée.

L'exploration de toute cette région est ainsi réalisée d'une façon plus complète qu'elle n'a été faite jusqu'ici. En effet, dans cet ordre d'idées, les expérimentateurs s'étaient surtout attachés à déterminer les directions des filets. Quelques-uns, tout récemment, comme le Dr Hans Zickendraht, ont entrepris cependant la détermination de la pression seule. Mais la détermination simultanée de la vitesse en grandeur et direction et de la pression ne semble encore avoir fait l'objet d'aucune recherche.

Grâce à la bienveillante obligeance de M. Eiffel, nous avons pu déjà réaliser dans son laboratoire quelques expériences. Les premiers résultats que nous avons obtenus montrent que dans la région médiane d'une plaque de faible courbure ayant 90^{cm} d'envergure et 15^{cm} de profondeur, et dont le plan de la corde fait un angle de 10° avec la direction horizontale du vent, la région troublée s'étend assez loin. A partir de 20^{cm}, soit en dessus, soit au-dessous de la plaque, les filets retrouvent leur direction initiale, mais il faut atteindre une distance de 40^{cm} pour retrouver des filets ayant même pression et même vitesse que ceux du courant non troublé. La conclusion pratique de ceci est que dans les expériences d'aérodynamique au courant d'air artificiel il ne faut pas seulement s'assurer, pour avoir le droit de considérer une surface comme plongée dans un courant d'air indéfini, que les filets d'air autour de la surface ont repris, à une certaine distance de celle-ci, leur direction initiale, mais qu'ils ont aussi repris leur vitesse et leur pression initiales.

Avec la même surface de $90^{cm} \times 15^{cm}$, nous avons vérifié également que les vitesses et les pressions, dans toute la région troublée, suivent, aux

erreurs d'expériences près, la loi de Bernoulli,

$$p + \frac{\delta v^2}{2g} = \text{const.}$$

Le tube de Pitot, qui fait face au courant, donne, en effet, une dénivellation constante au manomètre, quel que soit le point où il est placé, lorsque les conditions initiales (pression et vitesse) demeurent invariables.

Cependant, avec de plus fortes inclinaisons, il faut s'attendre à voir apparaître un certain écart par rapport à cette loi, les pertes par viscosité dans les remous devenant alors plus importantes. Nous nous proposons d'ailleurs d'étudier ultérieurement ce cas d'une manière plus complète et plus systématique. Nous examinerons notamment si, autour de deux plaques géométriquement semblables et de dimensions notamment différentes, les vitesses et les pressions sont bien les mêmes en deux points homologues.

AÉROSTATION. — *Sur la perméabilité à l'hydrogène des enveloppes d'aérostats.* Note de M. **Julhe**, présentée par M. Jungfleisch.

Il a été parlé récemment (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 196) du passage de l'hydrogène à travers le tissu caoutchouté des aérostats. Il y a bien longtemps que ce phénomène est connu : l'hydrogène se dissout dans le caoutchouc, qui le laisse échapper à l'extérieur, comme s'échappe l'ammoniaque d'une solution ammoniacale.

Frappé de ce fait, j'ai organisé jadis une expérience qui a donné de bons résultats. Il s'agit de doubler, à l'intérieur du ballon, l'étoffe caoutchoutée par une autre enveloppe imprégnée d'une solution de gélatine dans la glycérine. Cette enveloppe intérieure est en calicot non amidonné, à tissu très serré; ainsi préparée, elle reste souple et dissout fort peu d'hydrogène; elle préserve le tissu caoutchouté du contact direct avec le gaz, et empêche ainsi les grandes déperditions. Il n'est plus besoin de vider complètement le ballon pour faire reprendre au caoutchouc son état primitif.

RADIOTÉLÉGRAPHIE. — *Effet de résonance secondaire dans les récepteurs de T. S. F.* Note de M. **Paul Jégou**, présentée par M. Lippmann.

Outre les réglages de syntonie ou de résonance que l'on s'efforce de réaliser pour qu'un récepteur recueille avec le maximum d'énergie les

oscillations hertziennes qui lui sont données, MM. Abraham et Blondel (¹) ont proposé l'utilisation de *monotéléphones* pour permettre d'accorder les membranes des écouteurs téléphoniques sur la note acoustique que ceux-ci font entendre au moment du passage des ondes, note qui varie avec le nombre de trains d'ondes émis par l'émission et qui, au même titre que la longueur d'ondes, peut caractériser dans une certaine mesure une émission donnée.

Avec les émissions musicales dont l'emploi se généralise de plus en plus, cette question peut prendre un intérêt plus particulier et je me suis proposé de rechercher si une autre sorte de résonance, corrélative d'ailleurs de la résonance acoustique, ne pourrait pas être réalisée en utilisant la bobine transformatrice que j'ai signalée à diverses reprises (²). En effet, la note émise par les écouteurs téléphoniques ne diffère d'une émission à une autre que parce que la fréquence du courant rythmé provoqué par l'action des ondes sur le détecteur varie dans le rapport des trains d'ondes émis par ces émissions. La bobine transformatrice est donc traversée par un courant alternatif dont la fréquence varie avec la note musicale émise et qu'il était raisonnable de chercher à faire résonner par les procédés mis en jeu à l'émission par courants alternatifs.

En shuntant le primaire de la bobine par un condensateur variable c de faible capacité (o à $\frac{1}{100}$ m. c. f.), il nous a été possible de trouver, pour chaque note, un réglage différent et précis de la capacité pour lequel le son perçu dans les téléphones était notoirement plus énergique.

Ainsi, entre deux émissions simultanées ayant même longueur d'ondes, dont l'une est obtenue par étincelle *musicale*, tandis que l'autre est à étincelle *raréfiée*, il est possible de régler le condensateur de façon que l'action de la musicale soit renforcée aux dépens de l'émission raréfiée qui est affaiblie et presque étouffée.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Actions photochimiques et phénomènes photoélectriques.* Note de M. **G. Reboul**, présentée par M. G. Lippmann.

L'émission de charges négatives sous l'influence de la lumière ultraviolette présente, dans le cas où les surfaces insolées sont sensibles aux

(¹) *Comptes rendus*, 26 octobre et 9 novembre 1908.
(²) *Comptes rendus*, 15 juin 1908, 5 décembre 1910.

actions photochimiques, quelques particularités que je crois intéressant de signaler.

Les résultats qui suivent ont été obtenus en utilisant le rayonnement ultraviolet global d'une lampe en quartz (Cooper Hewitt Westinghouse). La lame étudiée formait l'une des armatures d'un condensateur, elle était reliée à l'une des paires de quadrants d'un électromètre Curie qui permettait de mesurer à la manière habituelle l'intensité des charges émises. Le condensateur, chargé au moyen d'une batterie de petits accumulateurs, était placé dans une caisse métallique formant écran électrostatique et portant une fenêtre de quartz pour laisser passer le faisceau lumineux actif.

I. Alors qu'en général le phénomène de Hertz-Hallwachs présente avec le temps un aspect de fatigue se traduisant par une *diminution* de l'intensité des charges émises, lorsque les lames insolées sont sensibles à l'action de la lumière, il se produit une *augmentation* de l'intensité quand la durée d'exposition aux rayons ultraviolets se prolonge.

Exemple. — Avec une lame de cuivre polie, l'intensité des charges négatives émises diminue dès les premières minutes à mesure que la durée d'insolation augmente ; avec la même lame recouverte de bromure de cuivre par exposition aux vapeurs de brome, l'on obtient les valeurs suivantes :

Durée d'insolation (minutes)...........	5	10	20	30	40	50	60	90	120
Intensité du courant (unités arbitraires).	7	9	12	16	22	33	43	68	88

Cette augmentation se produit spontanément à l'obscurité ; la lame de l'expérience précédente maintenue à l'obscurité pendant 12 heures donne, dans les mêmes conditions, une intensité de 250 unités.

Cet accroissement pendant des durées de plusieurs heures, de l'intensité des charges émises, se produit avec tous les corps sensibles à la lumière : chlorure, bromure, iodure, oxyde de cuivre ; chlorure, bromure, iodure d'argent. Des résultats analogues ont été signalés dans quelques cas particuliers : zinc amalgamé (Buisson), zinc, cuivre, fer convenablement polis (E. Bloch) ; remarquons que les oxydes de mercure et de cuivre, les sels de fer sont sensibles aux actions photochimiques (¹).

II. L'augmentation de l'effet est suivie, après un temps suffisant d'exposition, d'une fatigue. Cette fatigue peut se produire à l'obscurité, elle est

(¹) Becquerel, *La lumière, ses causes, ses effets*, t. II, p. 68.

plus rapide sous l'action de la lumière ; dans ce dernier cas, elle est d'autant plus grande que le noircissement du sel est plus avancé. Avec un sel exposé à la lumière un temps suffisant pour que sa décomposition soit complète, l'émission des charges négatives est presque nulle.

La fatigue acquise sous l'action de la lumière peut n'être que passagère, la lame abandonnée à l'obscurité retrouve en partie le pouvoir qu'elle avait perdu d'émettre des charges négatives : je rappelle que la transformation opérée dans le noircissement d'un sel halogéné de cuivre n'est pas stable, et que si la couche de sel est suffisamment épaisse, le noircissement s'efface et disparaît ([1]).

III. Dans le cas d'halogénés de cuivre la sensibilité photochimique dépend de l'épaisseur de la couche de sel ; quelle est l'influence de cette épaisseur sur l'émission photoélectrique ?

L'expérience est facilement réalisable : la lame de cuivre est plongée dans un récipient à demi plein de vapeurs de brome, les colorations qui se succèdent sur la lame indiquent les différentes épaisseurs ; avec un faisceau lumineux suffisamment étroit il est facile d'éclairer successivement les diverses parties de la lame qui correspondent à des couches de sels plus ou moins épaisses.

Plus l'épaisseur de la couche sensible est grande, plus intense est l'émission des charges et plus accentuée leur augmentation avec la durée d'insolation. Avec les couches moins épaisses l'intensité de l'émission est plus faible et la fatigue plus rapide : rappelons que les couches les moins épaisses sont celles qui noircissent le plus vite sous l'action de la lumière.

IV. L'intensité d'émission des charges avec le métal est en général plus faible qu'avec le métal recouvert d'une couche de sel sensible d'épaisseur suffisante et après exposition convenable.

Exemple. — Une lame de cuivre donne une émission de 166, la même lame iodurée donne au début une émission de 75, après 2 heures d'insolation elle provoque dans les mêmes conditions une émission de 186, après être restée 12 heures à l'obscurité elle donne une intensité de 333. De même une lame d'argent donnait une émission de 10 unités, la même lame iodurée donne 43.

Les courbes de variation des charges extraites en fonction du champ, obtenues avec le métal et le sel sensible, sont semblables et superposables par un changement d'échelle ; la nature des ions produits paraît donc la même dans les deux cas.

([1]) G. Reboul, *Comptes rendus*, 11 décembre 1911.

PHYSIQUE. — *Sur l'emploi des cellules photoélectriques comme photophones.* Note de M. **Eugène Bloch**, présentée par M. J. Violle.

Si l'émission photoélectrique d'un métal chargé négativement et placé dans le vide suit exactement les variations de la lumière excitatrice, on peut songer à transmettre électriquement à distance ces variations, en utilisant les changements mêmes du courant photoélectrique. La grande sensibilité photoélectrique des métaux alcalins les désigne tout spécialement pour cet usage, ainsi que l'ont déjà proposé Bergwitz (1) et d'autres.

J'ai entrepris des expériences pour chercher la grandeur du courant photoélectrique que peut fournir le potassium, et pour voir comment il dépend de l'éclairement et en suit les variations. Le potassium, distillé trois fois dans le vide, est amené, après une dernière fusion, dans la cellule, qui est en verre et munie de deux électrodes de platine. Le potassium est chargé négativement à quelques centaines de volts au moyen de l'une des électrodes; l'autre, qui est un fil parallèle à la surface du potassium, est reliée au pôle positif de la batterie par l'intermédiaire d'un milliampèremètre et d'un téléphone ordinaire. La lumière d'un arc ou du Soleil est projetée sur le potassium au moyen d'une lentille et peut être rendue intermittente au moyen d'un disque tournant percé de trous.

On constate d'abord que la sensibilité des divers points de la surface métallique n'est pas la même. Les surfaces très brillantes et d'aspect cristallin sont moins sensibles que celles qui sont recouvertes de gouttelettes très fines de métal et ont l'aspect un peu terne. Elster et Geitel ont déjà signalé des faits analogues. On arrive aisément avec l'arc à des courants de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de milliampère et avec le Soleil à des courants de $\frac{5}{10}$ de milliampère.

Lorsque le disque tournant rend la lumière intermittente, le courant moyen indiqué par le milliampèremètre baisse naturellement, mais il se fixe immédiatement à une valeur *constante et indépendante de la vitesse de rotation du disque*. Ce résultat montre nettement que le courant photoélectrique ne dépend que de la quantité totale de la lumière reçue par le métal et non de la manière dont cette énergie lumineuse lui est distribuée ; il n'est fonction que de l'éclairement moyen.

(1) Bergwitz, *Physikalische Zeitschrift*, 1907, p. 373.

D'autre part, le téléphone intercalé sur le circuit émet, lorsque le disque tourne, *un son intense* [1] dont la hauteur ne dépend que de la vitesse de rotation du disque, et coïncide avec la hauteur du son que le disque est capable d'émettre comme sirène. Ce résultat est en accord avec l'hypothèse d'une émission photoélectrique qui suivrait instantanément les variations de la lumière incidente. Comme il est facile d'obtenir des hauteurs de son de 2000^v au moins, l'instantanéité se trouve vérifiée à $\frac{1}{2000}$ de seconde près.

La constance relativement grande des résultats obtenus avec une même cellule montre enfin qu'un appareil de ce genre réunit les qualités nécessaires à un photophone. Il y aura intérêt à accroître encore la grandeur des courants obtenus en remplaçant le potassium par le rubidium et l'enveloppe de verre par une enveloppe de silice fondue.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Procédés d'observation touchant la dissociation du peroxyde d'azote.* — Note de M. **Albert Colson**, présentée par M. Amagat.

L'hypothèse que l'Énergie cinétique moléculaire w tirée du produit $\frac{2}{3}nw$ est une constante, pour tous les fluides à une même température, entraîne l'identité des n particules dissoutes ou gazeuses et l'adaptation aux deux cas de la condition d'équilibre $\Sigma m \log C = k$. Cependant, on l'a vu p. 276, celle-ci ne se vérifie pas sur les solutions chloroformiques de peroxyde d'azote. Si elle se vérifie sur le système gazeux, le nombre n n'est pas alors le même qu'en solution. Comme la constante k, calculée à l'aide des nombres trouvés par MM. Nathanson, présente un écart de 25 pour 100, il y a un doute que j'ai voulu lever en reprenant la détermination expérimentale des pressions partielles p_1 relative à Az^2O^4 et p_2 relative à AzO^2, dont l'équilibre à température constante répond à la condition $\log \frac{p_2^2}{p_1} = k$ ou $\frac{p_2^2}{p_1} = K$.

Ma première méthode, dont la précision est suffisante pour des pressions assez fortes, est difficilement applicable aux gaz raréfiés. Pour traiter ce dernier cas, j'ai d'abord essayé une autre méthode imitée de celle de M. Meyer.

---

(1) Bergwitz n'a pu actionner par le courant photoélectrique un téléphone ordinaire, mais seulement un téléphone construit exprès, dont la membrane avait 14^{cm} de diamètre.

Deuxième méthode. — Un flacon jaugé de 2^l, à col étroit, était introduit dans un récipient contenant environ 60^l d'eau, maintenue à la température de 40° à moins de $\frac{1}{10}$ de degré. Pendant 36 ou 48 heures, on séchait le ballon à l'aide d'un courant d'air sec. Au bout de ce temps, on brisait une ampoule renfermant un poids π de peroxyde placé dans le flacon avant la dessiccation. On recueillait sur la cuve à eau le gaz qui s'échappait du ballon par un tube à dégagement, et, du volume observé, on calculait p_1 et p_2, en admettant l'exactitude de la loi du mélange des gaz. Voici une série de résultats obtenus à la température de 40° :

π.	p_1.	p_2.	K.
0,6625	31,6	76,9	187
0,495	21	61,8	182
0,4065	13,1	59,75	271,9
0,312	9,85	46,25	217,15
0,174	3,76	29,5	237,12

Les deux premières observations semblent accuser un minimum pour K. En réalité la dissociation était incomplète par suite d'une trop lente diffusion des vapeurs rutilantes accumulées au bas du flacon où se trouvaient les ampoules de liquide au moment où elles ont été brisées. Les autres chiffres obtenus en cassant les ampoules à une assez grande distance du fond se rapprochent davantage des nombres obtenus par mesures directes de la pression gazeuse sur un poids et un volume connus de peroxyde d'azote.

Les voici tels qu'ils résultent de ma première méthode (p. 276) :

Sous la pression totale 760,2, j'avais trouvé : K = 268,9 à 40° ;

Sous la pression totale 460,3, j'avais trouvé : K = 261,8 à 40°.

Troisième méthode. — J'ai cherché un procédé plus sensible, parce qu'à l'inconvénient signalé, la mesure de l'expansion gazeuse par le volume d'air recueilli sur l'eau ajoutait une autre cause d'erreur. Pour la supprimer, j'ai remplacé le tube de dégagement par un tube manométrique dans lequel je faisais monter une colonne d'acide sulfurique. En brisant l'ampoule de peroxyde rapprochée du centre du flacon, la diffusion gazeuse facilitée par la dépression manométrique est à la fois plus régulière et plus rapide, car la pression finale devient fixe en 8 ou 10 minutes.

Elle s'évalue facilement à moins de 1^{mm} près au cathétomètre, soit à moins de $\frac{1}{7}$ de millimètre de mercure.

Voici quelques résultats où la pression totale p, estimée en colonnes d'acide sulfurique, est ramenée en colonne mercurielle dans les calculs de p_1 et de p_2 et dans celui de la constante K :

π.	p_1.	p_2.	p.	K.	
0,428	13,8	63	566	287,6	40°
0,3365	9,74	51,7	452	274,42	40
0,224	5,07	37,23	311,7	273,4	40
0,575	21,6	78,8	740	287,4	40

Il n'existe donc pas un minimum de K pour des valeurs de p voisines de 100^{mm} de mercure. La concordance avec les observations directes fournies par la première méthode est bonne, puisque, rapportés au même volume, les poids extrêmes sont dans le rapport de 0,224 à 5,61 pour des pressions totales variant de 42,3 à 760,2. Voici d'ailleurs d'autres déterminations faites à la température de 31°,7, où la constante prend la valeur k' peu variable :

π.	p_1.	p_2.	p.	k'.	
0,5925	30	66,1	692	156	31°,7
0,533	24,75	60,35	627	147,2	»
0,198	5,8	29,2	257,8	147	»

Elles démontrent la fixité relative de la constante d'équilibre du peroxyde d'azote dissocié à une température donnée sous des pressions variables. Au contraire, le même système, à l'état dissous, se comportant différemment, comme nous l'avons rappelé au début de cette Note et ailleurs, c'est que, toutes choses égales, la molécule gazeuse est différente de la particule dissoute.

Cette différence d'allure entre la particule dissoute et la molécule gazeuse n'existe pas seulement dans les phénomènes d'équilibre. Je l'ai déjà signalée dans la transformation irréversible du phosphore blanc en phosphore rouge, où l'état gazeux est si peu assimilable à l'état dissous, et la pression osmotique est si peu comparable à la pression gazeuse, qu'à des températures où s'effectue la transformation des vapeurs, celle du phosphore dissous ne se fait pas, même sous des pressions osmotiques bien supérieures aux pressions gazeuses (*Comptes rendus*, janvier et février 1908).

Ces deux cas si différents ne constituent pas des exceptions isolées. M. Nernst, dans sa *Chimie générale* (t. II, p. 34), rappelle que Beckmann, ayant constaté que « l'amylène et les acides fournissent plus d'éthers amyliques dans la benzine que dans l'oxyde d'éthyle », attribue, lui aussi, cette différence à ce que « dans la benzine, *beaucoup* de molécules dissoutes ont tendance à former des molécules doubles, ce carbure possédant une *force dissociante* moindre que l'éther ». Comme, d'après le même auteur, cette force dissociante est favorisée par la grandeur de la constante diélectrique des solvants, et qu'elle est plus *énergique* que le vide [1], la dissolution chloroformique du peroxyde d'azote ne devrait pas différer de

[1] Cependant, l'acide acétique, dont la constante diélectrique est supérieure à celle de l'éther, polymérise le gaz chlorhydrique (Raoult); et l'abus des considérations

l'état gazeux (la constante diélectrique à 18° est 2,29 pour la benzine, 4,35 pour l'éther, 5 pour le chloroforme). Or cette différence vient d'être établie et ne permet pas d'identifier les particules dissoute et gazeuse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques carbonates doubles de calcium.* Note de M. **Barre**, présentée par M. Le Chatelier.

Pour compléter les quelques mots de bibliographie au sujet des carbonates doubles de calcium et de sodium, j'ajouterai que le sel

$$CO^3Ca.\ CO^3Na^2.\ 2H^2O$$

que j'ai préparé par digestion du carbonate de calcium dans une solution de carbonate de sodium, et dont j'ai étudié les conditions d'existence, a été obtenu, en 1896, par M. de Schulten (*Comptes rendus*, t. 123, 1896, p. 1023).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les équilibres chimiques en solution.* Note de M. **Dubrisay**, présentée par M. Le Chatelier.

J'ai, dans une Note précédente [1], exposé comment, dans un système de corps dissous en équilibre chimique, l'introduction d'un corps étranger devait déplacer l'équilibre si le corps ajouté, même en n'intervenant pas dans la réaction, agissait sur la solubilité de l'un des facteurs de l'équilibre. Je me propose aujourd'hui d'exposer un nouvel exemple expérimental de ce phénomène.

L'acide succinique, ajouté à une solution d'acétate de baryte, précipite incomplètement le baryum à l'état de succinate de baryte; inversement, le succinate de baryte, insoluble dans l'eau, est partiellement dissous dans une solution d'acide acétique : la réaction

$$C^4H^6O^4 + (C^2O^2H^3)^2\,Ba = C^4H^4O^4\,Ba + 2\,C^2H^4O^2 \qquad (1)$$

doit donc être réversible et donner lieu à un état d'équilibre. Mais, d'autre

---

électriques, dont on se sert pour étayer des considérations de ce genre, vient d'être relevé une fois de plus par M. Gates, qui a démontré que le déplacement des métaux dans des liquides isolants n'a aucune relation avec le potentiel électrique.

[1] *Comptes rendus*, 27 novembre 1911.

part, on sait que la solubilité de l'acide succinique est diminuée par l'addition de différents sels. M. Herz ([1]) a déterminé quantitativement cette action et reconnu qu'elle était particulièrement marquée dans le cas du chlorure de sodium. On doit donc s'attendre à ce que l'addition de sel marin déplace l'équilibre représenté par l'équation (1), en diminuant la concentration de la liqueur en acide succinique, c'est-à-dire en favorisant la formation et la précipitation du succinate de baryte.

Mais dans le cas actuel, le phénomène est plus complexe. Le chlorure de sodium dissous doit agir, en effet, non pas seulement sur le potentiel chimique de l'acide succinique, mais aussi sur le potentiel de tous les corps existant à l'état dissous dans la phase liquide. De fait, sa présence diminue la solubilité dans l'eau de l'acétate de baryte : son action tendra donc à diminuer la concentration de ce sel dans la phase liquide, et cette action, dans le déplacement de l'équilibre, concordera avec l'effet produit sur l'acide succinique. Mais, en outre, le chlorure de sodium dissous dans l'eau augmente le potentiel de l'acide acétique dissous. J'ai pu m'en rendre compte en étudiant la répartition de cet acide entre l'eau et le chloroforme. Le coefficient de partage avait été mesuré par M. Dawson ([2]); j'ai repris ces mesures dans les zones de concentration correspondant à mes expériences ultérieures et reconnu que la dissolution du chlorure de sodium dans la phase aqueuse modifiait notablement ce coefficient, ainsi que le montrent les résultats consignés dans le Tableau suivant:

Concentration de la couche aqueuse		Concentration de la couche chloroformique	Rapport
en acide acétique. C_1 (éq. par litre).	en Na Cl (gr. par litre).	en acide acétique. C_2 (éq. par litre).	$r = \frac{C_2}{C_1}$.
1,062	0	0,102	0,096
1,034	40	0,129	0,125
1,007	80	0,166	0,164
0,945	200	0,219	0,231
0,502	0	0,030	0,061
0,495	40	0,037	0,076
0,483	80	0,049	0,102

Ces chiffres établissent nettement que la présence du chlorure de sodium favorise le passage de l'acide acétique de l'eau au chloroforme et, par suite, que ce sel augmente le potentiel chimique de l'acide acétique dans l'eau.

([1]) *Zeit. für anorgan. Chem.*, t. LXV.

([2]) *J. of the chem. Society.*

On ne peut donc dire, d'une façon immédiate, quel sera l'effet de l'addition du chlorure de sodium sur les variations de l'équilibre chimique représenté par l'équation (1), puisque cette addition doit tendre à deux effets contradictoires. Toutefois, si l'on détermine les valeurs numériques des variations du potentiel de l'acide succinique qu'on peut déduire des expériences de Herz, et de même, les variations du potentiel de l'acide acétique tirées du Tableau précédent, on arrive à cette conclusion que l'addition d'une même quantité de chlorure de sodium agit avec plus d'intensité sur l'acide succinique que sur l'acide acétique. Il est alors naturel d'admettre, et l'on peut démontrer rigoureusement que le déplacement d'équilibre sera de même sens que si l'action sur l'acide succinique se produisait seule.

Dans ces conditions, les conclusions précédemment énoncées doivent se vérifier, c'est-à-dire que l'addition de sel marin doit produire une précipitation de succinate de baryum. Pour le vérifier, je mélangeais des volumes connus de solutions saturées d'acide succinique et d'acétate de baryte et j'étudiais l'état final de l'équilibre soit en l'absence du chlorure de sodium, soit en présence de quantités connues de ce sel, en dosant le baryum dissous dans la liqueur claire. Voici les résultats obtenus :

I.

1° Mélange de 10^{cm^3} d'une solution saturée d'acide succinique, de 5^{cm^3} d'une solution saturée d'acétate de baryte et de 10^{cm^3} d'eau.

Dosage de la baryte sur 5^{cm^3} de la liqueur : $0^g,248$.

2° Même mélange avec addition de 2^g de NaCl.

Baryte dans 5^{cm^3} de la liqueur : $0^g,243$.

3° Même mélange avec addition de 4^g de NaCl.

Baryte dans 5^{cm^3} de la liqueur $0^g,230$.

II.

1° Mélange de 10^{cm^3} de solution saturée d'acétate de baryte, de 10^{cm^3} de solution saturée d'acide succinique et de 10^{cm^3} d'eau.

Baryte, dans la liqueur : $0^g,485$.

2° Même mélange avec NaCl : 2^g.

Baryte dans 5^{cm^3} : $0^g,483$.

3° Même mélange avec NaCl : 5^g.

Baryte dans 5^{cm^3} : $0^g,391$.

Enfin, M. Herz ayant démontré dans le Mémoire cité plus haut que le chlorure de potassium, tout en agissant dans le même sens que le chlorure

de sodium, modifiait beaucoup moins la solubilité de l'acide succinique, on devait prévoir que son action sur l'état final de l'équilibre, tout en étant de même sens que celle du chlorure de sodium serait moins intense : c'est ce que j'ai vérifié en ajoutant, dans les mélanges de la deuxième série d'expériences, des quantités connues de chlorure de potassium. Les résultats obtenus ont été les suivants :

4° Même mélange avec KCl : 2^g.
Baryte dans 5^{cm^3} : $0^g,487$.

5° Même mélange avec KCl : 5^g.
Baryte dans 5^{cm^3} : $0^g,464$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches relatives à l'action des sulfites alcalins sur les sels de cuivre.* Note de M. H. **Baubigny**, présentée par M. Le Chatelier.

Les premiers, Fourcroy et Vauquelin, ont remarqué qu'en versant un sulfite alcalin dans du sulfate de cuivre, il se formait un précipité d'un jaune roux que ces savants considéraient comme du sulfite d'oxyde de cuivre. Chevreul, connaissant l'aisance avec laquelle se réduit cet oxyde, pensa qu'il pouvait fort bien être amené à l'état d'oxydule par la présence des sulfites, corps facilement oxydables, et il fut ainsi amené à étudier le produit formé dans cette action. Ses prévisions furent confirmées, car l'analyse le conduisit à considérer ce précipité comme un sulfite double cuproso-alcalin. Il constata en outre que l'eau bouillante le décomposait et le transformait en un corps rouge cristallin, identique au produit qu'il obtenait d'autre part par l'action du gaz sulfureux sur l'oxyde de cuivre tenu en suspension dans l'eau, un sulfite cuivreux, peu stable lui aussi dans l'eau bouillante, où il perd peu à peu de l'acide sulfureux pour laisser finalement de l'oxydule.

Depuis, de 1812, époque du travail de Chevreul, à 1900, date de la dernière publication sur ce sujet, quantité d'auteurs ont repris l'étude de cette question, qui a soulevé de nombreuses controverses à cause des résultats trouvés, souvent différents, ce qu'explique l'altérabilité de ces sels. Mais en groupant et comparant les divers résultats publiés sur ce sujet, il est aisé aujourd'hui, malgré les divergences, d'établir de façon à peu près certaine le cours des réactions et la nature des composés obtenus.

En résumé, tout paraît se limiter à l'existence d'un certain nombre de combinaisons, dont les principales seraient : 1° les sulfites cuproso-alcalins, généralement incolores, du type $n\,Cu^2SO^3 + m\,M\,SO^3 + Aq$ [1] et notamment celui où $n = m = 1$; 2° le sulfite cuproso-cuprique

$$Cu^2SO^3 + Cu\,SO^3 + 2H^2O,$$

[1] M métal alcalin.

sel rouge insoluble, formant un terme transitoire de réduction ; 3° le sulfite cuivreux, rouge également; 4° enfin des sulfites triples alcalino-cuproso-cupriques. Il en ressort donc clairement que l'oxyde CuO isolé ou combiné à l'état de sel est réduit facilement par le gaz sulfureux ou les sulfites à l'état d'oxydule susceptible de se combiner avec l'acide sulfureux pour donner le sulfite cuivreux ou des sulfites complexes.

Mais l'idée préconçue que la réduction des sels de cuivre par les sulfites ne pouvait produire et ne produisait que de l'acide sulfurique, a empêché toute recherche en dehors de l'étude des sels cuivreux formés. Or, lors de la transformation de l'oxyde CuO en oxydule Cu^2O et par suite de la diminution de la valence du cuivre qui en résulte, si le liquide ne devient pas acide ou du moins s'il n'y a pas formation de bisulfite quand il y a excès de sulfite alcalin, le groupe SO^3, devenu libre, a dû se fixer, comme dans le cas de la décomposition des sulfites d'argent, sur un autre groupe sulfoxyle et donner naissance à de l'acide dithionique, conformément aux égalités suivantes (A) et (B) établies d'après les formules des sels connus :

(A) $2\,CuSO^4 + 4\,Na^2SO^3 = 2\,Na^2SO^4 + (Cu^2SO^3 + Na^2SO^3) + Na^2S^2O^6$,

(B) $3\,CuSO^4 + 4\,Na^2SO^3 = 3\,Na^2SO^4 + (Cu^2SO^3 + CuSO^3) + Na^2S^2O^6$.

Il est facile de le contrôler, ainsi que je l'ai fait pour l'argent [1]. J'ai, dans ce but, étudié la réaction avec le sulfate de cuivre en le traitant par un excès de sulfite alcalin, de manière à redissoudre le précipité primitivement formé, et, comme avec l'argent, je n'ai employé que le sulfite de sodium cristallisé $Na^2SO^3 + 7H^2O$ (P.M. = 252); de même que pour le sel de cuivre, j'ai constamment pris le sulfate cristallisé $CuSO^4 + 5H^2O$ (P.M. = 249,6). Les poids mentionnés dans mes recherches, *comme mis en expérience*, se rapporteront donc toujours à ces deux sels hydratés.

D'après leurs poids moléculaires, pour satisfaire à l'égalité (A), il faut, comme sulfite, un poids très peu supérieur au double de celui du sulfate de cuivre. En prenant comme sel réducteur de 3 à 6 fois le poids du sel de cuivre, on se trouve donc largement dans les conditions voulues pour pouvoir parfaire la réduction désirée.

Ayant donc mélangé les solutions de 2^g de sulfate de cuivre et de 12^g de sulfite alcalin dans un ballon fermé par un bouchon portant un tube étiré, on a redissous par agitation le précipité verdâtre primitivement formé, et le liquide incolore a été

(1) *Action de la chaleur sur le sulfite d'argent et ses sulfites doubles alcalins; formation de dithionate* (*Comptes rendus*, t. **149**, 1909, p. 735 et 858).

chauffé 20 à 25 minutes au B.M. (100°). Il s'est formé un précipité rougeâtre qui a été filtré après refroidissement. Puis, comme lors de mon étude avec les sels d'argent, j'ai versé dans le liquide un excès de chlorure de baryum pour séparer l'acide sulfurique et décomposer les pyrosulfites qui ont pu se produire et qui sont décelés à ce moment par l'odeur du gaz sulfureux, plus ou moins intense suivant leur quantité. Ajoutant alors de la lessive de soude jusqu'à très légère alcalinité, tout le cuivre fut précipité et il fut filtré avec le sulfate et le sulfite de baryum, ce dernier étant complètement insoluble en milieu neutre ou alcalin.

Dans la liqueur ainsi obtenue et contenant l'excès de chlorure de baryum, réacidifiée par HCl et portée à l'ébullition, le dépôt de $BaSO^4$ et le dégagement de gaz sulfureux m'ont permis de reconnaître la présence de l'acide dithionique, puis de le caractériser en filtrant et pesant le sulfate de baryum déposé dans le ballon et en dosant sous la même forme le gaz sulfureux recueilli dans un condensateur renfermant une solution chlorhydrique de brome, selon le mode déjà employé lors de mon étude sur les sulfites d'argent.

Les deux poids $0^g,5154$ et $0^g,5133$ de $BaSO^4$ étant sensiblement identiques, c'est donc bien de l'acide dithionique qui s'est formé, puisque le liquide renferme un corps qui, par sa décomposition, a donné de l'acide sulfurique et du gaz sulfureux, molécule pour molécule.

Une seconde expérience conduite de même a confirmé le premier résultat, car pour $0^g,4708$ de $BaSO^4$ recueilli dans le ballon à réaction, le gaz sulfureux dégagé a fourni $0^g,4692$ du même sulfate.

Quant au précipité amarante produit par l'action de la chaleur, l'analyse m'a permis d'y reconnaître les éléments d'un sulfite cuivreux. Lavé et essoré, il donne un dégagement de gaz sulfureux avec séparation du cuivre métallique et formation de sulfate de même métal. Je n'ai pas cru devoir établir sa composition exacte et doser sa teneur en acide sulfureux, puisque, comme le constatait déjà Chevreul en 1812, le sulfite cuivreux, *même dans le milieu où il se forme*, s'altère si l'on n'y maintient pas artificiellement un excès de gaz sulfureux. Il se modifie constamment en perdant de l'acide, et d'autant plus que l'action de la chaleur est plus prolongée, au point de ne plus renfermer presque, à la longue, que de l'oxydule de cuivre plus ou moins pur.

C'est ainsi qu'un produit semblable que j'ai recueilli lors d'une opération préliminaire faite en chauffant pendant 4 heures à 100°, *en tube scellé*, un mélange en solution de 4^g de sulfate de cuivre et de 16^g de sulfite de sodium, ne contenait plus que $0^g,0052$ de SO^2 pour $0^g,2376$ d'oxydule Cu^2O, soit seulement un peu plus de 2 pour 100.

Ce précipité amarante est un produit de décomposition des sulfites

doubles cuproso-alcalins en solution, et l'étude de la genèse de l'acide dithionique par les sels de cuivre montre que la formation de ce composé n'a d'ailleurs aucune relation avec celle de l'acide dithionique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la menthone.* Note de M. **Evvind Boedtker**, présentée par M. A. Haller.

Dans un Mémoire antérieur (1) nous avons démontré qu'en faisant réagir les bromures d'alcoylmagnésium sur la benzylidène-menthone on obtenait des composés auxquels nous avons attribué par analogie avec les dérivés correspondants du camphre la formule $C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}CH - CH\left\langle\begin{array}{l}R_I\\R_{II}\end{array}\right.\\ CO\end{array}\right.$.
L'expérience suivante confirme cette hypothèse :

$2^g,5$ de menthodiphénylméthane $C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}CH - CH(C^6H^5)^2\\ CO\end{array}\right.$ (point de fusion 140°), dissous dans l'acide acétique cristallisable, sont oxydés par 10^g d'acide chromique anhydre, ajoutés par petites portions. La première réaction terminée, on chauffe au bain-marie jusqu'à coloration verte. On verse alors dans l'eau et l'on épuise à l'éther. La solution éthérée est agitée avec de la soude, puis séparée et séchée. On évapore l'éther qui abandonne une petite quantité de cristaux qui fondent à 48°. Il s'est donc formé de la benzophénone, ce qui prouve que les deux groupes phényle dans le composé diphénylé se trouvent fixés au même atome de carbone. Avec le stéréoisomère, point de fusion 136°-137°, le résultat est le même.

Menthométhylphénylméthane $C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}CH - CH\left\langle\begin{array}{l}CH^3\\C^6H^5\end{array}\right.\\ CO\end{array}\right.$. — Une dissolution éthérée de $24^g,3$ de benzylidène-menthone est additionnée à une dissolution d'iodure de méthylmagnésium dans l'éther, préparée avec $4^g,8$ de magnésium et $28^g,4$ d'iodure de méthyle, soit le double des quantités calculées. La réaction finie on ajoute $14^g,05$ de chlorure de benzoyle, ce qui donne lieu à une nouvelle réaction assez vive. Puis on verse dans l'eau et l'on épuise à l'éther; on sépare, sèche et distille l'éther. Le résidu visqueux est cristallisé dans l'alcool bouillant. On obtient des cristaux qui, recristallisés, fondent à 152°-153°. L'analyse nous conduit à la formule $C^{25}H^{30}O^2$ du *benzoate de menthométhylphénylméthane*. Cette réaction, analogue à celle des organo-magnésiens sur le benzylidène-camphre (2), s'explique aisément par les équa-

(1) *Comptes rendus*, t. **145**, p. 329.
(2) *Comptes rendus*, t. **142**, p. 971, et t. **146**, p. 717.

tions suivantes :

$$(I)\quad C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}C = CHC^6H^5\\ \mid\\ CO\end{array}\right. + CH^3MgI = C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}C - CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^5\\ CH^3\end{array}\right.\\ \parallel\\ COMgI\end{array}\right.$$

$$(II)\quad 2\,C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}C - CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^5\\ CH^3\end{array}\right.\\ \parallel\\ COMgI\end{array}\right. + 2\,C^6H^5COCl$$

$$= 2\,C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}C - CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^5\\ CH^3\end{array}\right.\\ \parallel\\ COOCC^6H^5\end{array}\right. + MgCl^2 + MgI^2.$$

Le pouvoir rotatoire de ce benzoate en solution benzénique est $[\alpha]_D = +145^\circ 40'$ à $20^\circ,5$.

Saponifié par la potasse alcoolique il fournit facilement le *menthométhylphénylméthane*

$$(III)\quad C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}C - CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^5\\ CH^3\end{array}\right.\\ \parallel\\ COOCC^6H^5\end{array}\right. + H^2O = C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}CH - CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^5\\ CH^3\end{array}\right.\\ \mid\\ CO\end{array}\right. + C^6H^5COOH.$$

Son point de fusion est de 111°-112°. Son pouvoir rotatoire en solution benzénique est $[\alpha]_D = +95^\circ 16'$ à 19°. Ce corps, que nous n'avions obtenu lors de notre première Communication qu'à l'état de sirop incristallisable, peut se former aussi sans passer par le chlorure de benzoyle. Pour y arriver, on n'a qu'à faire bouillir ce composé huileux avec de la potasse alcoolique. Malgré tout, il reste toujours une portion huileuse qui ne cristallise pas.

Menthoisoamylphénylméthane. — Une solution éthérée de $24^g,3$ de benzylidènementhone est additionnée à une solution d'isoamylbromure de magnésium, préparée avec $4^g,8$ de magnésium et $30^g,2$ de bromure d'isoamyle (le double des quantités calculées). La réaction terminée, on ajoute $14^g,05$ de chlorure de benzoyle et on procède comme il est dit plus haut. On obtient 21^g de cristaux, qui fondent à 93°-94°. L'analyse mène à la formule $C^{29}H^{38}O^2$. C'est, par conséquent, le *benzoate de menthoisoamylphénylméthane* $C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}C - CH\left\langle\begin{array}{l}CH^2 - CH(CH^3)^2\\ C^6H^5\end{array}\right.\\ \parallel\\ COOCC^6H^5\end{array}\right.$. Son pouvoir rotatoire en solution benzénique est $[\alpha]_D = +186^\circ 29'$ à $19^\circ,5$. Saponifié par la potasse alcoolique, cet éther donne quantitativement du menthoisoamylphénylméthane

$$C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}CH - CH\left\langle\begin{array}{l}C^6H^5\\ CH^2CH(CH^3)^2,\end{array}\right.\\ \mid\\ CO\end{array}\right.$$

liquide très épais, qui bout jusqu'à la dernière goutte à 215° sous 15^{mm}. Son pouvoir rotatoire dans le benzène est $[\alpha]_D = +13^\circ 45'$ à $20^\circ,5$. Son indice de réfraction est $[n]_D = 1,50568$ à $22^\circ,2$.

Benzoylmenthone $C^8H^{16}\left\langle\begin{array}{l}CHCOC^6H^5\\ \mid\\ CO\end{array}\right.$. — Nous avons obtenu ce corps en faisant

réagir 28g de chlorure de benzoyle sur une dissolution de menthone sodée dans le toluène, préparée avec 8g d'amidure de sodium, 31g de menthone et 150g de toluène. Le rendement est mauvais parce que l'amidure contenait du nitrite qui a déterminé la formation d'acide benzoïque. Toutefois, on obtient une dizaine de grammes d'un liquide jaune, qui bout à 185° sous 12mm et dont l'analyse correspond à la formule du corps cherché. Son pouvoir rotatoire dans le benzène est $[\alpha]_D = +32°11'$ à 20°,5; son indice de réfraction est $[n]_D = 1,51745$ à 21°,8.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Lactonisation des éthers α-cétoniques. Éther pyruvique.* Note de M. **H. Gault**, présentée par M. A. Haller.

Dans une Note récente, j'ai montré que le pyruvate d'éthyle se lactonise avec une extrême facilité sous diverses influences : action de l'acide sulfurique, des amines, de l'éthylate de sodium, action même de la chaleur (distillation à pression ordinaire), avec formation d'éther cétovalérolactone carbonique :

```
      COOC²H⁵                                COOC²H⁵
      |                                      |
CH³ — CO                            CH³ — C——OH
      CH³—CO—COOC²H⁵      →                |      ,COOC²H⁵
                                     CH² — C'
                                     COOC²H⁵
                                      |
                            CH³ — C——O\
                          →           |     >CO
                                     CH===C/
                                          |
                                          OH
```

Lorsqu'on tente d'effectuer cette lactonisation à l'aide d'acide chlorhydrique, la réaction ne s'arrête pas à la formation de la lactone elle-même et l'on obtient finalement un produit neutre, bouillant sans décomposition appréciable sous pression réduite. Ce produit (E_{14} 178°-179°; E_9 168°-169°) ne colore plus le perchlorure de fer, ne donne plus aucun dérivé cétonique (phénylhydrazone, semicarbazone), mais, par contre, fournit un dérivé dihydrazinique très bien cristallisé. Il s'agit sans aucun doute du produit étudié par Genvresse [1], et signalé depuis par Simon [2], puis de Jong [3].

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. IX, p. 377.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XIII, p. 476.
(3) *Rec. des Trav. chim. des Pays-Bas*, t. XXIII, p. 152.

J'en ai repris l'étude et l'ai obtenu dans les différentes réactions suivantes : action directe de l'acide chlorhydrique sur le pyruvate d'éthyle; action de l'alcool absolu en présence d'acide chlorhydrique sur l'acide pyruvique, le pyruvate d'éthyle, l'acide cétovalérolactonecarbonique et enfin sur l'éther cétovalérolactonecarbonique.

Le mode opératoire est le même dans tous les cas. On sature d'acide chlorhydrique gazeux à froid, soit directement l'éther pyruvique, soit une solution alcoolique d'un des quatre composés précédents. Au bout d'un temps variable, il suffit de verser sur de la glace, de reprendre à l'éther l'huile qui se sépare et d'épuiser la solution éthérée avec une solution de carbonate de potasse qui élimine les produits acides. Les portions neutres sont ensuite distillées sous pression réduite.

Pyruvate d'éthyle et acide chlorhydrique. – On obtient après un contact d'environ deux semaines un mélange en proportions variables de pyruvate d'éthyle inaltéré, d'éther cétovalérolactonecarbonique et d'une petite quantité d'éther bouillant à 174°-175° sous 12^{mm}.

Acide pyruvique, alcool et acide chlorhydrique. — On obtient un mélange, en proportions variables avec les conditions dans lesquelles on se place, d'éther cétovalérolactonecarbonique, de pyruvate d'éthyle (E_{12} 60°), d'acétal du pyruvate d'éthyle (éther diéthoxypropionique) (E_{15} 84°), d'une petite quantité d'un produit non identifié (E_{13} 150°-170°), et enfin d'une quantité notable de l'éther de Genvresse (E_{13} 176°-177°). La constitution de l'éther diéthoxypropionique a été vérifiée, en dehors de l'analyse, par sa transformation en éther éthoxycrotonique (E 180°).

Pyruvate d'éthyle, alcool et acide chlorhydrique. — La réaction, comme on pouvait s'y attendre, est tout à fait analogue à la précédente.

Acide ou éther cétovalérolactonecarbonique, alcool et acide chlorhydrique. — La formation de l'éther de Genvresse, que l'on obtient comme produit unique de la réaction avec un rendement très satisfaisant, est dans ces deux cas particulièrement rapide : il suffit de 24 heures de contact avec l'alcool en présence d'acide chlorhydrique pour que la transformation soit pour ainsi dire intégrale.

Il semble d'après cela que l'acide chlorhydrique agisse tout d'abord à la longue comme agent de condensation sur l'éther pyruvique en donnant naissance, par élimination d'alcool, à l'éther cétovalérolactonecarbonique; il peut réagir sur l'acide pyruvique de deux façons différentes, en éthérifiant après lactonisation ou en lactonisant, au contraire, après éthérification. La réaction ne s'effectue qu'en présence d'alcool qui semble réagir par sa masse : dans le cas, en effet, où l'on fait agir l'acide chlorhydrique *seul* sur le pyruvate d'éthyle, l'alcool qui prend naissance dans la lactonisation participe à la réaction, mais le rendement est inférieur à celui obtenu par les autres méthodes.

Ces diverses considérations et, d'autre part, les analyses (dosages de C, H et éthoxyle) et l'examen des propriétés chimiques me conduisent à attribuer à cet éther la constitution d'un éther éthoxylé de la forme énolique de l'éther cétovalérolactonecarbonique :

$$\begin{array}{l} \quad\quad\quad COOC^2H^5 \\ \quad\quad\quad\;| \\ CH^3 - C \text{———} O \\ \quad\quad\quad\;| \quad\quad\quad\; \rangle CO \\ \quad\quad\quad CH{=\!=}C \\ \quad\quad\quad\quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\quad\quad\quad\; OH \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \quad\quad\quad COOC^2H^5 \\ \quad\quad\quad\;| \\ CH^3 - C \text{———} O \\ \quad\quad\quad\;| \quad\quad\quad\; \rangle CO \\ \quad\quad\quad CH{=\!=}C \\ \quad\quad\quad\quad\quad\;\; | \\ \quad\quad\quad\quad\quad\; OC^2H^5 \end{array}$$

Le dérivé hydrazinique, fusion 180° (décomp.), auquel il donne naissance, serait dans ces conditions, comme le montrent les analyses (C, H, N), soit l'hydrazinolactonehydrazide, soit l'hydrazinohydrazide correspondantes : j'aurai l'occasion de revenir sur cette constitution.

En résumé, la constitution attribuée par Genvresse à l'éther résultant de l'action de l'acide chlorhydrique sur le pyruvate d'éthyle, n'est pas vraisemblable : en admettant qu'il s'agisse effectivement de l'éther α-cétobutène-α-γ-dicarbonique $CO^2C^2H^5C(CH^3) = CHCOCO^2C^2H^5$, on ne s'explique ni comment il n'a pas été possible de mettre la fonction cétone en évidence, ni comment un composé de cette nature peut aussi facilement et dans de telles conditions prendre directement naissance à partir de l'acide et de l'éther cétovalérolactonecarboniques, ni enfin comment cette action de l'acide chlorhydrique est limitée à *l'éther pyruvique* à l'exclusion de *l'acide* lui-même, qui, dans ces conditions, donne, comme on le sait, uniquement naissance à l'acide cétovalérolactonecarbonique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du brome et du chlore sur le déhydrodicarvacrol.* Note de M. **H. Cousin**, présentée par M. Jungfleisch.

Dans une Note parue aux *Comptes rendus* (t. 150, p. 1333), nous avons décrit, M. Hérissey et moi, un déhydrodicarvacrol obtenu dans l'action oxydante du perchlorure de fer sur une solution aqueuse de carvacrol. J'ai repris l'étude du déhydrodicarvacrol et je décrirai aujourd'hui les corps obtenus dans l'action du brome et du chlore sur ce phénol.

Action du brome. Déhydrodicarvacrol dibromé $C^{20}H^{24}Br^2O^2$. — A $3^g,34$ de déhy-

drodicarvacrol $C^{20}H^{26}O^2 + 2H^2O$, soit 1 pour 100 du poids moléculaire, mis en suspension dans 50^{cm^3} de chloroforme, j'ajoute $3^g,20$ de brome (4^{at} pour 1^{mol} de phénol) également dilué dans le chloroforme. Au bout de 24 heures, le brome est complètement absorbé et le chloroforme laisse après évaporation un résidu cristallin qui est purifié par cristallisations dans l'alcool à 90° chaud.

J'obtiens ainsi des cristaux prismatiques de couleur blanc jaunâtre, insolubles dans l'eau, solubles dans les liqueurs alcalines, solubles dans l'alcool à chaud ainsi que dans l'éther, le chloroforme, la benzine. Le point de fusion est 179°-180° (corr.).

Les analyses mènent à la formule $C^{20}H^{24}Br^2O^2$: c'est donc un dérivé dibromé du déhydrodicarvacrol. Ce dérivé est un isomère du dithymoldibromé décrit antérieurement par M. Hérissey et par moi. Ce dernier composé traité par les oxydants (brome, acide azotique) perd 2H et donne une dithymoquinone dibromée $C^{20}H^{22}Br^2O^2$: je n'ai pu obtenir le dérivé correspondant en partant du dérivé bromé du déhydrodicarvacrol.

Action du chlore. — Le déhydrodicarvacrol traité par le chlore donne deux corps différents: avec 4^{at} de chlore réagissant sur le phénol (1^{mol}), on obtient un dérivé dichloré correspondant au dérivé bromé; avec un excès de chlore, on arrive à un produit de formule $C^{20}H^{22}Cl^2O^2 + 4Cl$ qui est un tétrachlorure de la dichlorodéhydrodicarvacroquinone, comme je l'établirai plus loin.

Déhydrodicarvacrol dichloré $C^{20}H^{24}Cl^2O^2$. — Ce produit est obtenu en faisant réagir une solution de chlore dans le chloroforme et contenant une quantité connue de chlore, sur le déhydrodicarvacrol, en proportion telle qu'il y ait 4^{at} de chlore pour 1^{mol} de phénol; le produit de la réaction est agité avec une solution alcaline qui enlève le phénol chloré, puis la solution alcaline traitée par l'acide acétique donne un précipité d'abord amorphe, mais devenant cristallin au bout de peu de temps; on purifie par cristallisation dans l'alcool à 90° chaud, additionné d'un peu d'eau. Ce corps se présente en cristaux prismatiques, blanc jaunâtre; il est insoluble dans l'eau, soluble dans les alcalis, soluble dans l'alcool et les autres dissolvants.

Les analyses mènent à la formule $C^{20}H^{24}Cl^2O^2$.

J'ai essayé, en traitant ce corps par les oxydants, d'obtenir la quinone correspondante $C^{20}H^{22}Cl^2O^2$, mais je n'ai pu isoler aucun corps défini dans cette réaction.

Deuxième dérivé chloré $C^{20}H^{22}Cl^2O^2 + 4Cl$. — On l'obtient en faisant passer un excès de chlore dans du chloroforme tenant en suspension le déhydrodicarvacrol; le phénol se dissout bientôt et donne une solution jaune d'or; on doit éviter de faire agir le chlore en trop grand excès; la solution chloroformique distillée laisse un résidu jaune résineux qui devient lentement cristallin; au bout de quelques jours le résidu est dissous dans l'alcool à 95° chaud, qui par refroidissement donne le produit pur.

Il se présente en cristaux de couleur jaune, peu solubles dans l'alcool froid, plus solubles à chaud, solubles dans l'éther, le chloroforme, la benzine; il est insoluble dans l'eau et dans les solutions alcalines. Chauffé, il se décompose vers 155°-156° avec dégagement de bulles gazeuses.

Il résulte des combustions et des dosages de chlore que la formule brute de ce dérivé est $C^{20}H^{22}Cl^6O^6$.

La véritable nature de ce composé est établie par les faits suivants. Si on le traite en solution alcoolique par les réducteurs, même les plus faibles (poussière de zinc, zinc en présence d'une solution alcoolique d'anhydride sulfureux), la solution jaune est décolorée; par évaporation et purification du produit de la réaction, on voit que le corps formé pendant la réduction n'est autre que le déhydrodicarvacrol dichloré $C^{20}H^{24}Cl^2O^2$; donc 4^{at} de chlore sont fixés d'une manière peu stable et on doit lui donner pour formule $C^{20}H^{22}Cl^2O^2 + 4Cl$.

L'insolubilité du dérivé jaune dans les alcalis, et la facilité avec laquelle il donne par réduction le déhydrodicarvacrol dichloré, m'ont amené à considérer ce corps chloré comme étant le tétrachlorure de la déhydrodicarvacroquinone dichlorée, quinone que je n'ai pu isoler, mais qui donne avec le chlore un dérivé d'addition facile à préparer.

En résumé dans ce travail j'ai préparé un déhydrodicarvacrol dibromé, un déhydrodicarvacrol dichloré et un tétrachlorure de la déhydrodicarvacroquinone dichlorée.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la dextrinisation de l'amidon par dessiccation.* Note de M. G. **Malfitano** et Mlle A. **Moschkoff**, présentée par M. E. Roux.

L'amidon insoluble à froid dans l'eau s'y dissout lorsqu'il a été au préalable suffisamment desséché, même à la température ordinaire. Le passage à l'état soluble à froid, ou dextrinisation, accompagne le départ de l'eau d'hydratation; au contraire la perte d'eau de constitution entraîne une diminution de cette solubilité. En desséchant l'amidon, on obtient beaucoup plus de dextrines qu'en le chauffant dans l'eau à des températures élevées (100°, 134°).

L'analogie couramment admise, sans preuves d'ailleurs, entre les modifications de la solubilité de l'amidon et le dédoublement des sucres par hydrolyse, est formellement contredite par ces faits. A la vérité, c'est par torréfaction des fécules, et non pas par action d'eau surchauffée, que, dans l'industrie, on prépare les dextrines. Supposera-t-on que dans les fours les fécules fixent les éléments de l'eau avant de se dessécher? Il faudrait alors admettre qu'un excès d'eau puisse entraver cette hydrolyse.

Nous avons suivi de très près et dans des conditions suffisamment rigoureuses les deux phénomènes à la fois : la dextrinisation et la dessiccation, et nous avons pu établir que l'un est la conséquence de l'autre.

Un lot d'amidon purifié, obtenu par congélations répétées des empois de fécule de

pomme de terre, a été lavé avec de l'eau très pure et froide, jusqu'à ce que celle-ci ne se colorât plus avec l'iode. Cet amidon encore incomplètement desséché nous a servi comme point de départ (I). Le lot a été réparti, en raison de 2g environ, dans des boîtes de verre (pèse-filtres) qui étaient placées ouvertes dans un dessiccateur vidé d'air et contenant P^2O^5. Lorsque, après deux semaines, tous les échantillons avaient atteint un poids constant (ne varient pas après 48 heures), on en prélevait un (II). Les autres étaient scellés dans des tubes appropriés contenant P^2O^5 et vidé d'air (20mm de mercure). De ces tubes, un était ouvert après 20 jours (III). Les autres à la suite après avoir été chauffés : (IV) 48 heures à 50°, (V) 24 heures à 100°, (VI) 4 heures à 120°, et (VII) 3 heures à 150°.

Par pesée on déterminait d'abord la perte de H^2O. Une portion de la matière était traitée par 100 fois son poids d'eau, et après 24 heures on dosait la partie dissoute par évaporation du liquide filtré. Le reste était employé à plusieurs combustions ; nous donnons celle dont l'erreur (écart entre la quantité brûlée et la somme $C + H^2O$ trouvée) était la moindre.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Température maxima....	25°	25°	25°	50°	100°	120°	150°
Perte H^2O pour 100.....	0,0	0,9	1,3	2,1	3,2	3,7	4,2
Portion soluble pour 100.	0,0	1,2	28,1	57,0	75,0	90,0	54,0

Combustions.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Matière brûlée en mg....	344,5	309,0	180,0	216,5	200,0	243,5	324,0
$C + H^2O$ trouvée en mg.	340,8	306,0	179,4	217,9	200,8	247,7	327,2
Erreur pour 100.........	−1,1	−0,9	+0,3	+0,9	+0,4	+1,2	+1,0
C trouvé en mg..........	141,6	129,9	78,0	95,4	88,5	109,8	146,2
C calculé en mg.........	153,1	137,3	79,7	96,0	88,8	108,2	144,0
Différence pour 100......	−7,5	−5,3	−2,1	−0,6	−0,3	+1,4	+1,5
H^2O trouvée en mg......	199,2	177,0	101,4	122,5	112,3	135,9	181,0
H^2O calculée...........	191,3	171,0	99,4	120,4	111,0	135,2	180,0
Différence pour 100......	+4,0	+2,9	+2,0	+1,7	+1,1	+0,5	+0,5

Dans la série de nos échantillons de plus en plus pauvres en H^2O, la teneur de C, d'abord inférieure, se rapproche et dépasse ensuite légèrement la quantité théorique. C'est l'eau d'hydratation qui part au commencement et puis ce sont les molécules $C^6H^{10}O^5$ qui se décomposent. A aucun moment, on peut supposer que la matière ait fixé les éléments de l'eau, puisqu'elle en perd d'une manière continue. L'amidon ainsi traité brunit déjà à 50°. Nous pensons que la décomposition commence avant que la déshydratation ne soit achevée. D'ailleurs, par son aspect, la matière ne paraît pas homogène. Il ne faudrait pas cependant attribuer à ce commencement de décomposition la formation des matières solubles, car dans l'échantillon chauffé à 150°, où la décomposition est plus avancée, la solu-

bilité est moindre. On ne peut admettre non plus qu'il y ait oxydation sensible, puisque les écarts entre la quantité brûlée et la somme $C + H^2O$ trouvée sont faibles. Les matières solubles sont bien des dextrines se colorant en bleu violet avec l'iode dans l'échantillon (II), en violet dans l'échantillon (III), en rouge dans les échantillons (IV) à (VI) et en rouge brun dans (VII).

Nous avons précédemment montré (¹) que l'empois chauffé à 134°, après congélation, ne laisse en solution qu'une quantité minime de dextrines. Nous nous sommes assurés que, dans ces conditions, les dextrines n'étaient retenues qu'en très faible proportion. L'échantillon (IV), dont 57 pour 100 étaient des matières directement solubles, transformé en empois et congelé, donnait un coagulum dans un liquide qui, filtré, contenait 54 pour 100 de la matière totale.

Ces faits se résument ainsi : *dans les micelles d'amidon l'eau sert de lien entre les molécules* $C^6H^{10}O^5$. Ce rôle de l'eau peut s'interpréter aisément suivant la théorie qui assimile les micelles des colloïdes à des complexes d'ordre croissant (²).

Tandis que la constitution chimique d'un cristal de glucose hydraté est représentée par la formule $nC^6H^{12}O^6.H^2O$, la constitution des micelles des matières amylacées serait du type suivant :

$$\{[(C^6H^{10}O^5.OH)H](C^6H^{10}O^5.OH)\}H\ldots,$$

ou mieux

$$\{[(C^6H^{10}O^5.OH)H]^n[(C^6H^{10}O^5.OH)]^nH^{n-1}\}H\ldots.$$

Ceci veut dire que les systèmes amidon-eau forment des complexes où les molécules groupées sont $C^6H^{10}O^6$, et c'est H^2O l'électrolyte qui les relie.

On s'explique ainsi que les molécules glucose-eau puissent exister isolément en solution et former des cristaux. Par contre, nous ne connaissons pas les molécules $C^6H^{10}O^5$, mais des micelles, ou complexes d'ordre décroissant : amidon (des empois), amidon soluble, amylodextrines, érythrodextrines, acrodextrines.

Que l'eau interposée entre les molécules et les paquets de molécules s'en aille, les complexes se décomposeront en d'autres moins volumineux et par conséquent directement solubles. Lorsque ces dextrines se forment pendant le chauffage de l'amidon dans l'eau, le mécanisme en est tout autre. Alors

---

(¹) *Comptes rendus*, 14 mars 1910, 7 novembre 1910.

(²) *Ann. de Chim. et de Phys.*, décembre 1911; février 1912.

les micelles défloculent, c'est-à-dire que par suite de l'ionisation d'une partie des molécules d'eau interposées, les complexes se décomposent et les groupements plus petits ou dextrines se libèrent. L'effet est donc le même, mais il ne peut être que moins intense.

HYGIÈNE. — *Stabulation des huîtres dans l'eau de mer artificielle filtrée.* Note de M. **E. Bodin**, présentée par M. Prillieux.

On sait que l'un des meilleurs moyens de réaliser la prophylaxie des accidents d'origine ostréaire consiste à faire passer les huîtres, pendant un certain temps, dans l'eau de mer pure fréquemment renouvelée. Pour cela M. Fabre-Domergue a proposé d'employer des bassins dits de stabulation dans lesquels circule de l'eau de mer filtrée.

Il est hors de doute que, dans l'état actuel des choses, ces bassins paraissent susceptibles de donner satisfaction aux justes exigences des hygiénistes tout en respectant les besoins de l'industrie ostréicole. Ils supprimeraient d'autre part les difficultés de toutes sortes que rencontrent les autres moyens de prophylaxie proposés jusqu'ici : éviction des parcs insalubres, amélioration des douteux, protection et surveillance permanente des établissements reconnus salubres. Toutefois, le bassin de stabulation appelle une étude préalable, car il importe de fixer d'une manière précise les conditions dans lesquelles il peut, tout en restant facilement réalisable, donner garantie aux consommateurs sans diminuer la valeur des produits.

Une question se pose à ce sujet qu'il importe de résoudre tout d'abord, celle de la conservation de la vitalité des huîtres et de leurs qualités marchandes après stabulation pendant un certain temps.

Déjà M. Fabre-Domergue a répondu à cette question en montrant par des expériences précises que l'huître stabulée pendant 8 jours dans l'eau de mer filtrée ne perd ni son poids, ni son embonpoint, ni sa résistance vitale et que la durée de ce traitement peut être doublée sans qu'il advienne pour le produit une notable dépréciation.

Je viens de faire des expériences qui confirment pleinement les précédentes en apportant un fait nouveau.

J'ai opéré en effet avec de l'eau de mer artificielle, faite à l'aide de sels de marais salants et de chlorure de sodium de façon à obtenir une composition très voisine de celle de l'eau de mer naturelle, en restant cependant à une densité légèrement inférieure (1022°).

Mon appareil, construit d'après les indications mêmes de M. Fabre-Domergue, est disposé de telle sorte qu'au sortir du bassin de stabulation l'eau est refoulée par une pompe sur un filtre de sable non submergé, d'où elle retourne au bassin après passage dans une réserve; le liquide accomplit ainsi un circuit fermé sur lequel se trouvent successivement le bassin et le filtre.

Dans mon bassin de stabulation, ayant un quart de mètre cube de capacité, le courant a été réglé de façon que l'eau soit renouvelée complètement en 1 heure 30 minutes pendant 12 heures sur 24.

J'ai observé 500 huîtres (Marennes et Cancale), réparties par lots de 100 individus qui ont été stabulés pendant un temps variable suivant les lots. Voici ce que j'ai constaté :

1° Après 8 jours de stabulation en eau de mer artificielle filtrée dans les conditions précédemment indiquées, les huîtres sont restées parfaitement vivantes et elles ont conservé leur bonne apparence. Même résultat avec un lot de 100 huîtres gardé 15 jours au bassin et avec un autre lot stabulé de la même façon pendant 1 mois.

2° Quel que soit le temps de stabulation, le poids des lots d'huîtres prises dans les conditions aussi semblables que possible n'ont varié que dans de faibles proportions (150^g à 200^g pour des lots de 6^{kg} à 7^{kg}) et, 3 fois sur 4, il y a eu accroissement après stabulation.

3° Après 8 jours de stabulation, comme je l'ai indiqué, le goût de l'huître ne subit que de légères modifications, ainsi qu'il résulte de constatations de divers consommateurs. Passé ce temps, si la stabulation se prolonge, le goût des huîtres stabulées se modifie plus nettement et elles paraissent notablement moins salées que les huîtres ordinaires.

Ces expériences permettent de conclure que la stabulation des huîtres en eau de mer artificielle filtrée est possible; elles confirment celles de M. Fabre-Domergue et elles tranchent une question qui se posait avant l'étude du bassin de stabulation.

Elles montrent en outre que ce bassin peut être organisé partout, même loin de la côte, puisqu'il peut être alimenté avec de l'eau de mer artificielle accomplissant un circuit fermé sur lequel se trouve un filtre de sable non submergé.

HYGIÈNE. — *Stérilisation des eaux d'alimentation par action de l'oxygène ozonisé et des composés chlorés, à l'état naissant.* Note de M. E. **Rouquette**, présentée par M. E. Roux.

Depuis quelques années, de nombreuses villes d'Amérique, d'Angleterre, de Belgique emploient d'une façon permanente le chlore et ses dérivés pour la stérilisation des grandes masses d'eau d'alimentation publique.

Les résultats obtenus sont satisfaisants.

On a utilisé les hypochlorites de chaux, soude, potasse, avec parfois addition de perchlorure de fer, sulfate d'alumine, etc.

Les eaux de la Marne, à Saint-Maur, ont été traitées, l'été dernier, par l'hypochlorite, pour servir à l'alimentation en eau potable de Paris.

A l'asile des aliénés de Marseille, en août 1911, pendant une épidémie de choléra d'origine hydrique, nous avons employé l'hypochlorite de soude pour la stérilisation des eaux d'alimentation, fortement polluées par le vibrion cholérique, par infiltrations d'égouts de l'asile.

Ces eaux provenaient de la Durance (canal alimentant la ville de Marseille), avec un mélange d'eau de sources et une forte proportion d'eau d'infiltrations.

La quantité traitée était de 500^{m^3} environ par jour.

De nombreux essais ont permis de fixer la dose de chlore actif à employer pour stériliser l'eau, proportionnellement à la quantité de matière organique qu'elle renferme (1^{mg} de chlore pour 1^{l} d'eau, renfermant 1^{mg} de matière organique).

Ce traitement chloré de l'eau, en quantité aussi infinitésimale, ne peut avoir d'effets nuisibles pour l'organisme (transformation en chlorures dans l'eau).

Depuis six mois, la population de l'asile (1500 personnes) consomme l'eau qui continue à être ainsi traitée d'une manière permanente, sans aucun trouble de la santé pouvant lui être attribué.

Les examens bactériologiques ont montré :

Dans l'eau brute, 15000 B. coli par litre;

Dans l'eau épurée, 0 B. coli dans 100^{cm^3}.

Ce traitement des eaux, pratiqué pendant cette longue période, nous a amené à étudier :

1° Les différences d'action, sur l'eau, des divers produits oxydants générateurs d'oxygène et de chlore, suivant leur composition chimique;

2° Les relations entre cette composition et la disparition plus ou moins rapide des dérivés formés dans l'eau;

3° Le mode de préparation de ces produits pouvant assurer leur conservation.

A la suite de ces recherches, nous avons obtenu les meilleurs résultats par l'action simultanée, sur l'eau, du peranhydrosulfate de sodium, $S^2O^9Na^2$, et du chlorure de peroxyde de sodium Na^2O^2Cl, en proportions respectives de $\frac{1}{10}$, en moyenne.

Le persulfate de sodium $S^2O^8Na^2$, préparé électrolytiquement, est d'un prix élevé. Mais le bisulfate de sodium, SO^4NaH, et le peroxyde d'hydrogène, H^2O^2, réagissent en solution concentrée, avec production de per-

anhydrosulfate de sodium, plus actif que le persulfate ordinaire et stable en solution légèrement acide (A).

D'autre part, la réaction du sulfate de sodium neutre SO^4Na^2, en solution sur l'hypochlorite de calcium, donne, par double décomposition, une solution de chlorure de peroxyde de sodium (avec dépôt de sulfate de calcium).

De composition analogue à l'hypochlorite de soude, mais plus actif et plus stable, le chlorure de peroxyde de sodium peut être amené à un degré élevé de concentration, en solution faiblement alcaline (B).

Par les actions surajoutées et combinées des solutions (A) et (B) sur l'eau, on obtient une oxydation de la matière organique, parallèle à l'élimination bactérienne, plus intense, plus rapide qu'avec l'hypochlorite de soude ordinaire, sans aucun de ses inconvénients.

Les doses peuvent être réduites, depuis une partie de réactifs pour un million de parties d'eau, jusqu'à une pour cinq millions d'eau, suivant le degré de pollution bactérienne, et la teneur en matière organique.

Ce procédé agit facilement sur les eaux troubles, sans nécessiter de préfiltration.

L'opération bien conduite, les dosages exactement faits, il ne reste aucun produit nuisible dans l'eau, à l'état libre : ni chlore, ni acide chlorhydrique, ni soufre, ni acide sulfurique.

Aucun précipité de produits insolubles. Aucune coloration, ni odeur, ni goût.

Comme résultat final, une simple augmentation, en quantité infinitésimale, des sels normaux, constituants de toute eau naturelle (moins de 1^{mg} par litre, des chlorures et sulfates, à l'état de sels de sodium, y existant avant le traitement).

L'interprétation de ces résultats, eu égard à la diversité d'actions mises en jeu, ne peut s'exprimer en équations simples, au point de vue strictement chimique.

Les propriétés oxydantes et bactéricides des corps en présence sont augmentées par suite de décompositions réciproques.

Il ne paraît pas possible de considérer comme réactions chimiques ordinaires, ces actions, à doses infinitésimales, où un corps oxydant semble jouer un rôle comparable en quelque sorte à celui des agents catalytiques.

Une hypothèse admissible est que l'oxydation intense, facteur du pouvoir bactéricide, est due à la formation des composés polyoxygénés du chlore, avec production de peroxyde d'hydrogène H^2O^2, d'ozone O^3; en définitive, par l'oxygène condensé, agissant à état naissant, ce qui lui donne son activité maxima sur les Bactéries. Les dérivés oxychlorés très instables, protoxyde, ClO, bioxyde, ClO^2, acide per-

chlorique ClOH, donnent, en définitive, des chlorures de sels dans l'eau. De même pour les dérivés sulfatés.

Un des plus simples dispositifs d'installations, pour ce traitement des eaux, consiste essentiellement à amener l'eau brute et les réactifs (avec régulateurs pour écoulement proportionnel) dans un même canal en maçonnerie, au fond d'un bassin mélangeur. La sortie s'effectuant par la partie supérieure, le brassage de l'eau et des réactifs se produit sans intervention mécanique et la diffusion s'opère dans la masse de l'eau.

Conclusions. — Par ce procédé, la stérilisation des eaux d'alimentation publiques est rapidement réalisable, économique et d'une efficacité certaine pour prévenir les épidémies d'origine hydrique, dans les villes et agglomérations dépourvues d'installations filtrantes et de tout procédé de stérilisation nécessitant l'exécution de longs travaux.

Il constitue un très précieux moyen, dit *de fortune*, en cas d'urgence, pour détruire dans les eaux les bactéries pathogènes : vibrion cholérique, bacille typhique, etc.

Comme procédé permanent, il assure la disparition du *B. coli*, la stérilisation absolue, avec des doses appropriées, et en procédant à une filtration ultérieure au traitement chimique.

L'eau ainsi traitée ne renfermant pas de corps nuisible, son emploi prolongé n'offre aucun inconvénient pour l'organisme.

Au point de vue économique, ce procédé réduit au minimum les installations ainsi que les frais d'exploitation, et peut être appliqué en toutes villes et agglomérations, quel que soit leur mode de distribution d'eau.

ENTOMOLOGIE. — *Morphologie externe et appareil digestif de la Chenille de* Phtorimæa operculella *Zett., parasite de la Pomme de terre.* Note (1) de M. L. **Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

Ayant à peu près terminé l'étude anatomique de la Teigne des Pommes de terre, nous allons donner aujourd'hui un résumé de nos recherches concernant sa morphologie externe et son appareil digestif (2).

(1) Présentée dans la séance du 5 février 1912.

(2) Nous devons les matériaux de notre étude à l'extrême obligeance de M. Honoré, directeur de l'école publique de Bormes (Var), qui nous a adressé, en même temps, une lettre très intéressante sur les ravages occasionnés par la Teigne et sur les moyens peu efficaces employés jusqu'à ce jour pour la combattre.

La chenille de *Phtorimæa operculella* mesure de 9^{mm} à 12^{mm} de longueur, sur $1^{mm},3$ environ de diamètre. Nous avons fréquemment rencontré de quatre à six spécimens logés dans le même tubercule. Ce dernier était creusé de galeries irrégulières, sinueuses, partant de la base d'un bourgeon, et remplies d'un détritus blanchâtre et granuleux, constitué en grande partie par des grains d'amidon.

La larve a une grande puissance de vitalité; elle résiste longtemps, avant de succomber, aux agents de destruction les plus violents. Ainsi, après une immersion de plusieurs heures (6 à 8) dans l'alcool à 72°, puis replacée sur une lamelle, elle se contracte encore, replie sa région céphalique, imprime des mouvements de latéralité à ses pattes antérieures, se déplace transversalement, écarte et rapproche ses mandibules, s'accroche aux pinces ou aux aiguilles à dissection qu'on place dans sa bouche, etc. Cette extrême lenteur à l'asphyxie, dont on peut chercher l'explication dans la structure de l'appareil trachéen et stigmatique, nous donne la raison du peu de résultats obtenus dans les divers essais tentés pour la lutte contre la chenille; elle nous montre que les moyens de destruction, vraiment pratiques et efficaces, seront surtout obtenus en s'attaquant aux chrysalides et aux papillons adultes.

Le corps de la chenille de *Phtorimæa operculella* est bombé dorsalement et légèrement aplati à sa face ventrale. Il comprend trois régions : *tête*, *thorax* et *abdomen*.

L'*armature buccale* est ici, comme chez toutes les Chenilles, en rapport étroit avec le genre de vie. La larve a continuellement besoin de couper, broyer, déchirer, mastiquer des parties solides relativement dures; aussi, les pièces de la bouche sont-elles composées de lamelles chitineuses résistantes, acérées et parfois finement denticulées. Ces pièces sont : la lèvre supérieure ou *labre*, qui a la forme d'une plaque rectangulaire à bord libre recourbé; les *mandibules*, qui sont remarquables par leur teinte, leur puissance, leurs six dents externes et leurs deux faisceaux de muscles basilaires; les *mâchoires antérieures*, pourvues d'un palpe externe et d'une lamelle interne bifide, et enfin les *mâchoires postérieures* (labium), comprenant deux palpes latéraux et une plaque médiane surmontée d'une *filière* cylindrique.

Le *thorax* comprend trois segments et l'abdomen neuf. Les trois segments thoraciques portent chacun une paire de pattes triarticulées et terminées par une griffe. Les deux premiers segments abdominaux sont apodes. Les 3e, 4e, 5e et 6e possèdent quatre paires de fausses pattes, tronconiques et terminées par une ventouse, sur le bord de laquelle sont implantés des crochets chitineux, disposés en couronne, recourbés en arc et à pointe acérée, dirigée en dehors. Le 7e et le 8e segment de l'abdomen sont apodes comme les deux premiers. Enfin, le dernier, qui a une forme tronconique, porte une paire de fausses pattes (la 5e), entre lesquelles se trouve placé l'anus.

L'organisation interne des Chenilles de *Phtorimæa operculella* comprend les

systèmes suivants : l'appareil digestif, le système nerveux, les trachées, les glandes séricigènes, remarquables par leur extrême développement, et enfin les tissus musculaire et adipeux.

L'*appareil digestif* est formé de trois parties, très nettement délimitées extérieurement et fort différentes au point de vue de leur structure interne.

L'intestin antérieur est à peu près cylindrique, mais présente néanmoins un renflement ovoïde, suivi d'une portion tubuleuse qui s'ouvre dans l'intestin moyen.

L'origine de ce dernier est marquée par une valvule œsophagienne annulaire, en forme de manchon, courte et à bords sinueux. La région médio-intestinale est large et à peu près régulièrement cylindrique.

L'intestin terminal est court et ne représente que le cinquième environ de la longueur totale du canal alimentaire. Il comprend lui-même trois régions d'aspect extérieur très différent. La première, qui est tronconique, reçoit de chaque côté les *tubes de Malpighi*. Contrairement à ce qui existe chez la plupart des chenilles des papillons (qui ont six tubes de Malpighi), les larves de *Phtorimœa operculella* ne possèdent que *quatre* vaisseaux urinaires, disposés en deux faisceaux latéraux de deux tubes chacun; les deux troncs terminaux débouchent dans l'intestin aux deux extrémités d'un même diamètre. Nous avons déjà signalé (1911) une pareille conformation anatomique chez les chenilles de *Carpocapsa pomonella*.

Chaque faisceau débute, chez la Teigne des Pommes de terre, par un conduit impair très court, qui s'élargit à son extrémité et forme un petit réceptacle urinaire, aplati et cordiforme.

C'est de ce dernier que partent deux longs tubes de Malpighi, sinueux et légèrement moniliformes. Ils s'appliquent tout d'abord sur les parois de l'intestin moyen, prennent ensuite une direction postérieure, entourent l'intestin terminal et adhèrent étroitement à l'ampoule rectale.

Leur longueur dépasse deux fois celle de l'intestin tout entier. Nous avons parfois rencontré, sur l'une des branches (du côté gauche), une ramification naissant à environ 8^{mm} de la vésicule urinaire. De semblables ramifications anormales existent, très nombreuses, chez les *Galleria mallonella* (Cholodkovsky).

Vers leur partie terminale, au voisinage de leur embouchure dans le conduit collecteur impair, et surtout dans ce dernier, la cavité des *tubes de Malpighi* contient un liquide jaunâtre, au milieu duquel nagent de nombreux cristaux rectangulaires d'urates de soude et d'ammoniaque, avec de très rares corpuscules octaédriques d'oxalate et de carbonate de chaux.

ZOOLOGIE. — *Le cæcum chez les Mammifères.* Note de M. A. MAGNAN, présentée par M. Edmond Perrier.

Nous avons montré l'influence du régime alimentaire sur la morphologie et la longueur du cæcum chez les Oiseaux [1]. Nous avons entrepris les

---

(1) A. MAGNAN, *Le tube digestif et le régime alimentaire chez les Oiseaux* (*Collection de Morphologie dynamique*. Paris, Hermann; 1911); *Morphologie des*

mêmes recherches sur les Mammifères. Nous résumons, dans le Tableau suivant, les observations que nous avons faites, suivant les différents régimes dans les deux classes de Vertébrés, sur la morphologie de l'appendice cæcal :

Oiseaux.	Mammifères.
Animaux sans cæcum.	
Frugivores.	Frugivores.
Animaux sans cæcum ou à cæcum réduit.	
Omnicarnivores.	Omnicarnivores.
Carnivores.	Carnivores.
Piscivores.	Piscivores.
Insectivores.	Insectivores.
Animaux à cæcum court ou réduit.	
Omnivores (Corbeaux).	Omnivores.
Animaux à long cæcum.	
Granivores.	Granivores.
Herbivores.	Herbivores.

Le classement est identique. Je ferai remarquer que les Mammifères ne possèdent en général qu'un seul cæcum, alors que les Oiseaux en ont presque toujours deux. Les cæcums courts des Oiseaux sont, d'après les recherches histologiques et chimiques que j'ai entreprises, des organes atrophiés riches en tissu lymphoïde et dont le rôle a probablement cessé d'être.

Nous avons mesuré la longueur du cæcum, chez les différents Mammifères que nous avons disséqués. Nous donnons ici, en comparaison avec les Oiseaux, les chiffres obtenus, suivant les différents régimes, en rapportant la longueur du cæcum à la longueur du corps $l = K\sqrt[3]{P}$.

---

cæcums chez les Oiseaux en fonction du régime alimentaire (*Ann. des Sciences naturelles : Zoologie*, oct. 1911).

Oiseaux.	Poids moyen.	Longueur relative du cæcum.	Mammifères.	Poids moyen.	Longueur relative du cæcum.
Frugivores......	152,3	0	Frugivores......	759,6	0
Carnivores......	1722,3	0,06	Carnivores......	546,7	0,29 ou 0
Omnicarnivores.	1702,5	0,10	Omnicarnivores.	192	0
Insectivores.....	38,2	0,25	Insectivores.....	7,2	0
Piscivores......	806,8	0,27	Piscivores......	5760	0
Omnivores (Corbeaux).......	214,7	0,28	Omnivores......	102,9	1,10
Herbivores......	2207,2	3,20	Herbivores......	47344,7	2,80
Granivores......	513,4	5,30	Granivores......	190,6	2,80

Il y a là encore une analogie qui frappe. Les régimes herbivore et granivore développent le ou les cæcums. Ils nous paraissent jouer dans ce cas un rôle antitoxique contre les fermentations qui se forment chez ces animaux par suite de la stase intestinale. Pas contre chez les espèces qui se nourrissent de chair quelle qu'elle soit, le cæcum s'atrophie ou disparaît complètement, son action cessant d'être nécessaire dans ce cas.

Nous avons aussi signalé pour les Oiseaux une loi intéressante, montrant que l'action du régime alimentaire était la même sur le cæcum et le gros intestin (¹). Ces deux organes varient dans le même sens. Chez les Mammifères nous trouvons le même résultat comme l'indique le Tableau suivant :

Oiseaux.	Longueur relative du cæcum.	Longueur relative du gros intestin.	Mammifères.	Longueur relative du cæcum.	Longueur relative du gros intestin.
Frugivores.....	0	non visible	Frugivores.....	0	non visible
Carnivores......	0,06	0,29	Carnivores.....	0 ou 0,29	Id. (ou 1,9)
Insectivores....	0,25	0,40	Insectivores....	0	Id.
Omnicarnivores.	0,10	0,44	Omnicarnivores.	0	Id.
Piscivores......	0,27	0,51	Piscivores......	0	Id.
Omnivores (Corbeaux).......	0,28	0,30	Omnivores.....	1,10	4,50
Herbivores.....	3,20	0,73	Herbivores.....	2,80	7,7
Granivores.....	5,30	1,06	Granivores.....	2,80	12,2

L'influence du régime alimentaire sur le tube digestif nous apparaît donc de plus en plus prépondérante et de plus en plus générale, au fur et à mesure que nous pénétrons plus avant dans nos recherches.

(¹) A. Magnan, *Influence du régime alimentaire sur le gros intestin et les cæcums des Oiseaux* (*Comptes rendus*, 29 mai 1911).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Expériences sur la faculté d'apprendre chez les Poissons marins,* Coris julis *Gthr.* Note de M. **Mieczyslaw Oxner**, présentée par M. Yves Delage.

Si, d'un côté, les amateurs des poissons d'aquarium prétendent que ces animaux se laissent dresser, s'ils leur attribuent, par un raisonnement anthropomorphique, de nombreuses facultés, d'un autre côté, les savants, comme par exemple Edinger (¹), nient formellement la faculté d'association chez les poissons, cette faculté étant un attribut exclusif de l'écorce du cerveau. Les expériences exactes font défaut. On a prétendu jusqu'à présent (²) que le poisson n'a pas de mémoire : pris ou accroché une fois par l'hameçon, il ne profite guère de cette expérience probablement douloureuse et se laisse prendre de nouveau, lorsque l'hameçon est bien masqué : *Nicht der Fisch holt die Beute, sondern die Beute holt sich den Fisch*, dit Edinger (*loc. cit.*). Mes expériences, exécutées en 1909 au laboratoire du Musée océanographique de Monaco, m'ont amené à une autre conclusion. D'abord j'ai toujours pris soin de masquer l'hameçon d'une façon parfaite et, en effet, les poissons qui m'ont servi à cette série d'expériences ont entièrement confirmé le dicton de Edinger : j'ai pu attraper le même poisson tous les jours. Mais ceci prouve *uniquement* que l'hameçon a été *bien masqué* et que le poisson a eu l'envie de manger. Rien d'autre.

Dans une autre série d'expériences, j'ai également bien masqué l'hameçon par l'amorce, mais, à 5^{cm} au-dessus de l'hameçon, j'ai enfilé, sur le crin de la ligne, un morceau de papier de couleur (de 1^{cm^2}). Après avoir constaté que le poisson préfère la couleur rouge, j'ai expérimenté surtout avec cette dernière couleur.

Sans grand étonnement, j'ai constaté que les résultats de cette série d'expériences ont été différents de ceux de la première série. Voici l'ordre chronologique de l'expérience :

1° Dans chaque aquarium j'ai mis un seul exemplaire de *Coris julis*, fraîchement capturé dans une nasse et n'ayant pas encore séjourné dans l'aquarium commun.

2° Pendant les quatre premiers jours le poisson ne s'approchait pas de l'appât, mais peu à peu sa peur a diminué.

(¹) L. Edinger, *Die Beziehungen d. Vergl. Anatomie zur Vergl. Psychologie*, Leipzig, 1909.

(²) L. Edinger, *Haben die Fische ein Gedächtniss?* (*Beil. zur Allgem. Zeitung*, nos 241, 242, 1899).

3° Le 8e jour, au bout de quelques instants, j'ai pris le poisson à la ligne. Après l'avoir délivré de l'hameçon, je l'ai remis dans son élément. Le 9e jour le poisson s'est laissé prendre de nouveau ; le 10e jour, dans la matinée, même résultat. Cependant, dans l'après-midi, le poisson s'approche à plusieurs reprises de l'amorce, mais ne la touche pas.

4° Le 11e jour, même résultat que le 10e, dans la matinée et dans l'après-midi; toutefois, j'ai pu prendre le poisson dans la matinée, seulement au bout de 10 minutes.

5° Le 12e jour le poisson ne touche plus l'amorce. Le petit papier avertisseur a produit son effet. Dans l'après-midi de la journée, après avoir *enlevé l'avertisseur, j'ai pu prendre le poisson.*

6° Les 13e, 14e et 15e jours, *avec l'avertisseur*, le poisson *ne se laisse plus prendre;* il s'approche de l'appât, l'examine plusieurs fois et s'enfuit finalement.

7° Le 16e et, de même, jusqu'au 21e jour, le poisson, en apercevant l'appât, *s'approche d'abord du petit avertisseur*, l'examine à plusieurs reprises, remontant de l'appât vers le petit papier, *pique* même parfois *ce dernier* et finalement descend de nouveau vers l'amorce; alors, avec mille précautions, et sans aucune précipitation, il enlève peu à peu, par bribes, toute l'amorce sans toucher l'hameçon.

8° Le poisson conserve *la même attitude* pendant *les six jours suivants.*

Cette expérience a été répétée plusieurs fois avec d'autres exemplaires. Chaque fois j'ai obtenu, à un ou deux jours près, les mêmes résultats. En me basant sur ces expériences, je crois pouvoir en tirer les conclusions suivantes :

1° Le petit papier de couleur, suspendu, d'une façon immobile, au-dessus de l'amorce, constitue au début (première semaine), une *sensation neutre* (indifférente) pour le poisson.

2° Le poisson se laisse prendre (8e, 9e, 10e jours), l'amorce *masquant* parfaitement l'hameçon.

3° L'*association des sensations* provoquées, d'une part, par la douleur (piqûre de l'hameçon) et, d'autre part, par la couleur du petit papier, commence à se produire (10e et 11e jours après midi).

4° Il résulte de l'association de ces deux sensations que le petit papier devient un « signal avertisseur » (12e, 13e, 14e et 15e jours), qui exerce une *action prohibitive* à l'égard de l'attraction instinctive produite par l'appât. Il s'ensuit un *barrage* (Sperrung) de cette attraction instinctive; et ce *barrage* se manifeste en un *ralentissement* et un retard considérable *des mouvements* coordonnés de l'animal ayant peur de saisir la nourriture (l'amorce).

5° Ce retard et ce ralentissement d'une série des mouvements constituent, en grande partie, le *mécanisme passif* (*conditions*) de l'action *apprendre* (16e à 21e jours).

6° L'association des deux sensations citées plus haut (3°) est, au point de vue dynamique, un système en *équilibre instable;* une sensation (celle de la couleur) prend d'abord le dessus dans le système et agit en frénant sur le système nerveux moteur. Mais, peu à peu la réaction instinctive de s'approcher de la nourriture s'affranchit de l'action prohibitive de la couleur et *lentement* le poisson reprend la liberté de mou-

vements en question : il saisit l'amorce sans précipitation; cela lui réussit, il « apprend » alors. « Apprendre » n'est que la *série successive des essais réussis.*

Il me semble que cette expérience, en évitant tout anthropomorphisme, nous renseigne, au point de vue biologique, sur la façon dont se sert de ses organes un animal, unité vivante et spécifique.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la région du sud de Rennes.* Note de M. F. Kerforne, présentée par M. A. Lacroix.

Dans une précédente Note [1] j'ai montré que dans les régions de Paimpont (Ille-et-Vilaine), sorte de *bouclier armoricain*, les couches cambriennes et siluriennes sont subhorizontales ou ne sont affectées que de plis à grands rayons de courbure. Si, partant de cette région, on s'avance vers le Sud-Est, on trouve une série d'anticlinaux et de synclinaux, s'étendant jusqu'à Angers et paraissant être très réguliers.

Cette régularité est plus apparente que réelle; leur structure est complètement dissymétrique, et cette particularité s'accentue de plus en plus, à mesure qu'on s'avance, au travers des plis, du Nord vers le Sud, ou dans leur direction du Nord-Ouest vers le Sud-Est. Les anticlinaux sont, en réalité, des plateaux anticlinaux, sortes d'éperons du bouclier de Paimpont; les Grès armoricains, qui les constituent pour la plus grande partie, sont en effet disposés en couches subhorizontales avec de nombreuses ondulations à grands rayons de courbure, dans lesquelles sont conservés souvent des lambeaux de Schistes à Calymènes. Au contraire, les synclinaux, véritables fosses, présentent des couches à peu près verticales, même dans leur partie axiale, et les travaux de profondeur des ardoisières montrent que cette verticalité n'est pas seulement superficielle, mais qu'elle se continue sans modifications sensibles vers le bas. Sur le bord du plateau, le Grès armoricain passe brusquement du faible pendage au pendage subvertical par un plissement en genou très caractérisé, présentant quelquefois plusieurs gradins (Saint-Malo-de-Phily).

Le plateau anticlinal de Bain est remarquable à un autre point de vue. Son axe est occupé jusqu'à Bain par les Schistes précambriens relevés

---

[1] F. Kerforne, *Sur les mouvements préhercyniens du Massif breton* (*Comptes rendus*, 21 février 1910).

verticalement par le plissement préhercynien et abrasés. A l'Ouest, les Schistes rouges cambriens reposent sur eux en discordance, mais vers l'Est, après Saint-Malo-de-Phily, le Cambrien disparaît aussi bien sur le plateau que sur ses flancs. A première vue, le contact anormal du Grès armoricain sur les Schistes de Rennes pourrait être pris pour un chevauchement; l'étude de la région montre qu'il s'agit d'un étirement. Au nord de l'affleurement précambrien du rocher d'Usel on constate nettement, en particulier, la présence de couches broyées et laminées, dont les nombreuses craquelures irrégulières ont été soudées par du quartz.

Le plateau anticlinal du Grand-Fougeray présente des phénomènes analogues, car les Schistes de Port-de-Roche et de Sainte-Anne-sur-Vilaine, qui apparaissent au milieu des Grès armoricains, sont en réalité du Précambrien et non, comme on l'a cru, du Cambrien : ils contiennent en effet des poudingues précambriens typiques.

Quant à la poussée du Sud au Nord, si générale dans le Massif breton, elle se manifeste aussi quelquefois dans la région par des pendages inverses vers le Sud.

Il ressort de cette structure que le bouclier de Paimpont se prolonge vers le Sud-Est par des éperons résistants et allongés, de chaque côté desquels des fosses se sont ouvertes, amenant quelquefois des disparitions de couches par étirement. Cette disposition s'éloigne complètement de celle des coupes schématiques si irrégulières, représentant jusqu'à présent la tectonique de la région du sud de Rennes.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 29 janvier 1912.

Grandeur et figure de la Terre, par J.-B.-J. Delambre; Ouvrage augmenté de Notes, de Cartes, et publié par les soins de G. Bigourdan, Membre de l'Institut. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 vol. in-8°. (Hommage de M. Bigourdan.)

Les formations fluvio-glaciaires du Bas-Dauphiné. Essai de synchronisme des terrasses et moraines de la Bièvre-Valloire et de la Basse-Isère, par W. KILIAN, Correspondant de l'Institut, et M. GINOUX. (*Bulletin des Services de la Carte géologique de la France et des topographies souterraines;* n° 129, t. XXI, 1909-1910.) Paris, Ch. Béranger, 1911; 1 fasc. in-8°. (Hommage des auteurs.)

R. Accademia delle Scienze di Torino. *Onoranze centenarie internazionali ad Amedeo Avogadro*, 24 settembre 1911. Turin, 1911; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

Deuxième expédition antarctique française (1908-1910), commandée par le Dr JEAN CHARCOT : *Gastropodes prosobranches, scaphopodes et pélécypodes*, par ED. LAMY; *Amphineures*, par JOH. THIELE; *Annélides polychètes*, par CH. GRAVIER; *Observations météorologiques*, par J. ROUCH. Paris, Masson et Cie, 1911; 2 vol. et 1 fasc. in-4°. (Présenté par le Prince Roland Bonaparte.)

La résistance des pieux, théorie et application, par M. J. BENABENQ, ingénieur des Travaux publics de l'Indo-Chine. (Extr. des *Annales des Ponts et Chaussées*, 1911, t. V-VI.) Paris, A. Dumas; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Boussinesq.)

Les lampes électriques à arc, à incandescence et à luminescence : Application à l'éclairage industriel, essai et étalonnement, montage, consommation spécifique, emplois spéciaux, par JEAN ESCARD. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1912; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Branly.)

L'hélice propulsive, par RODOLPHE SOREAU. (Extr. des *Mém. de la Soc. des Ing. civ. de Fr.;* Bulletin de septembre 1911.) Paris, Librairie aéronautique; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Communicações da COMMISSAO DO SERVIÇO GEOLOGICO DE PORTUGAL. Tomo VIII : *Étude sur les fossiles des schistes à néréites de San Domingos et des schistes à néréites et à graptolites de Barrancos*, par J.-F. NERY DELGADO; *Études sur le séisme du Ribatejo du 23 avril* 1909, par PAUL CHOFFAT et ALFRED BENSAUDE. Lisbonne, 1910-1911; 1 fasc. in-8° et 2 fasc. in-4°. (Présenté par M. Douvillé.)

Les Mathématiques en Portugal, par RODOLPHE GUIMARÃES; Appendice II. Coïmbre, 1911; 1 fasc. in-8°.

Wisconsin geological and Natural History Survey; Bulletin, n° XXI : *The fossils and stratigraphy of the middle devonic of Wisconsin*, by HERDMAN-F. CLELAND. N° XXII : *The inland lakes of Wisconsin : The dissolved gases of the water and their biological significance*, by EDWARD-A. BIRGE and CHANCEY JUDAY. Madison, Wis., 1911; 2 vol. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 5 FÉVRIER 1912.

Recherches géologiques et géographiques sur le haut-pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud), par G.-B.-M. FLAMAND; avec 150 illustrations dans le texte (coupes, schémas, vues photographiques), 22 cartes, dont 7 hors texte, en couleurs, et 16 planches en lithographie et phototypie. (Missions du Ministère de l'Instruction publique et du Gouvernement général de l'Algérie.) Lyon, A. Rey et Cie, 1911; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Depéret.)

Notice sur les travaux scientifiques de M. P. PUISEUX. Paris, Gauthier-Villars, 1912; 1 fasc. in-4°.

Exposé des travaux scientifiques de M. CHARLES RICHET. Paris, L. Maretheux, 1912; 1 fasc. in-8°.

Archives de Médecine et de Pharmacie militaires, publiées par ordre du Ministre de la Guerre; t. LVIII. Paris, Henri Charles-Lavauzelle, 1911; 1 vol. in-8°. (Adressé par M. le Ministre de la Guerre.)

Annales de l'Institut agronomique (École supérieure d'Agriculture); 2e série, t. X. fasc. 2. Paris, J.-B. Baillière et fils; Librairie agricole de la Maison rustique, 1911; 1 vol. in-8°.

Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon : Sciences et Lettres; 3e série, t. XII. Paris, J.-B. Baillière et fils; Lyon, A. Rey, 1912; 1 vol. in-4°.

XXXVIIIe Bulletin météorologique annuel du département des Pyrénées-Orientales, publié par O. MENGEL; année 1909. Perpignan, Charles Latrobe, 1 fasc. in-4°.

Konforme Abbildung des Erdellipsoids in der Ebene, von L. KRÜGER. (*Veröffentlichung des königl. preus. geod. Institutes;* nouvelle série, n° 52.) Potsdam, B.-G. Teubner, 1912; 1 vol. in-4°.

Annales de l'Observatoire de Moscou, publiées sous la direction du Professeur W. CERASKI; 2e série, t. V. Moscou, A.-A. Levenson, 1911; 1 vol. in-8°.

Recherches astronomiques de l'Observatoire d'Utrecht. Tome IV : *Jupiter Beobachtungen*, 1895-1906, von A.-A. NIJLAND. Tome V : *The proper motions of* 1418 *stars in and near the clusters h and χ Persei*, by A. VAN MAANEN. Utrecht, 1911; 2 fasc. in-4°.

Astronomische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag in den Jahren 1905-1909, herausgegeben von L. WEINEK, Director der k. k. Sternwarte. Prague, A. Hasse, 1912; 1 vol. in-4°.

Protuberanzen beobachtet in den Jahren 1891-1892, von J. FÉNYI; mit 9 Tafeln des Sonnenrandes in Lichtdruck. (*Publicationen des Haynald-Observatoriums;* fasc. X.) Kalocsa. Anton Jurcsó, 1911, 1 vol. in-4°.

Seismometrische Tabellen, von Fürst B. GALITZIN; Nachtrag zu der Abhandlung *Ueber ein neues aperiodisches Horizontalpendel mit galvanometrischer Fernregistrierung.* (*Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente;* t. IV, livr. 1.) Saint-Pétersbourg, 1911; 1 vol. in-4°.

Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente; t. III, livr. II, n° 2, et livr. III; t. IV, livr. I et II. — *Bulletin*, rédigé par M. G. LEVITSKI. Année 1907 : octobre-décembre. Année 1908 : janvier-septembre. Saint-Pétersbourg, 1911; 8 fasc. in-4°.

Bulletin of the Bureau of Fisheries; t. XXIX, 1909, GEORGE-M. BOWERS, Commissioner. Washington, 1911; 1 vol. in-4°.

United States geological Survey. *Mineral resources of the United States*, 1909 : Part I. *Metals;* Part II. *Nonmetals.* Washington, 1911; 2 vol. in-8°.

The Institution of mechanical Engineers. Proceedings, 1911. Part 1-2. Londres; 1 vol. in-8.